

8 | 54^e jaargang

NATUUR '86 & TECHNIEK

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



ZELDZAME HUISDIERRASSEN/NEUROTROFISCHE FACTOREN/PLANKZEILEN/
DE ZWAVELKRINGLOOP/BIOLOGISCH ONDERZOEK IN DE RUIMTE/
EXTREME INSPANNING

MEST

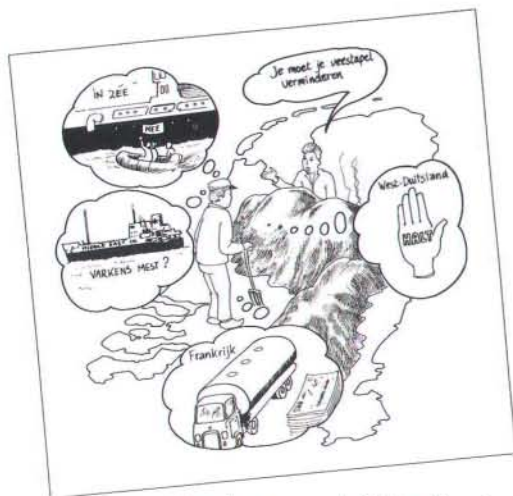
Van tekort naar overschot

Mestoverschotten dreigen ons te overspoelen en daarbij bodem, lucht en water verregaand te verontreinigen. Ammoniak uit mest veroorzaakt stankoverlast en draagt bij aan het 'zure regen'-probleem. Hierdoor gaat de kwaliteit van de bodem achteruit en bereikt de hoeveelheid nitraat in nabijgelegen drinkwaterputten een alarmerende hoogte.

Sinds het ontstaan van de landbouw staken boeren heel veel werk in het verzamelen van meststoffen van plantaardige en dierlijke oorsprong. Vee werd gehouden om de mest. Tot in de tweede helft van de vorige eeuw was er een groot tekort. Pas met behulp van kunstmest kon men minder vruchtbare grond op grote schaal ontginnen tot landbouwgrond. Vooral in het begin van deze eeuw gebeurde dit.

Op de minst vruchtbare zandgronden ontstond begin jaren zestig de intensieve veehouderij. Vee werd gehouden om het vlees, mest was een bijproduct geworden. De onstuimige groei van de veestapel zorgde voor overproductie van mest. Omdat in de land- en tuinbouw veel kunstmest gebruikt wordt, rijst de vraag of dierlijke mest wellicht kunstmest zou kunnen vervangen. Het is echter te betwijfelen of meststoffen kunnen voldoen aan de hoge eisen die de huidige plantenteelt stelt. Naarstig wordt dan ook gezocht naar methoden om mest kwijt te raken, te verwerken of zelfs te vernietigen.

"Beter laat dan nooit", was de reactie van milieu-organisaties, die al jarenlang vergeefs gewaarschuwd hadden. Boerenorganisaties, die het probleem van het mestoverschot wel erkennen, wensen echter niet dat boeren alléén de dupe worden van de landbouwpolitiek uit heden en verleden.



Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 3 van de 10e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Inhoud en auteurs

Voorwoord

Bemesting

A. van Diest

Geschiedenis van de bemesting

B. van Heuveln

De ontwikkeling van de intensieve veehouderij

M. van Daalen

Ammoniakproblemen in Nederland

Th.W. Janssen

Het verwerken van mestoverschotten

J.H. Voorburg

Jonge boeren en de mestproblematiek

G. Titulaer

Milieuvisie op de intensieve veehouderij

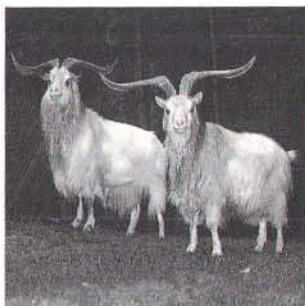
D. Logemann

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek –
Informatiecentrum – Op de Thermen –
Postbus 415 – 6200 AK Maastricht. –
Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-
43254044

NATUUR '86 & TECHNIEK

Losse nummers:
f 8,45 of 160 F.

natuurwetenschappelijk en technisch maandblad



Bij de omslag

Het Veluws landgeitenras stond enige jaren geleden op het punt van uitsterven. Dank zij deze twee fokbokken, de enige twee die toen nog over waren, bestaat er thans weer een kudde van deze dieren. Het ras werd voor uitsterven behoed door de inspanningen van de Stichting Zeldzame Huisdierrassen, die dezer dagen tien jaar bestaat. Zie daarover pag. 580 e.v.

(Foto: Henk de Vries, Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek, Zeist).

Hoofredacteur: Th.J.M. Martens.

Adj. hoofdredacteur: Dr. G.M.N. Verschuuren.

Redactie: Drs. H.E.A. Dassen, Drs. W.G.M. Köhler, Drs. T.J. Kortbeek.

Redactiesecretaresse: T. Habets-Oldé Juninck.

Redactiemedewerkers: A. de Kool, Dr. J. Willems.

Wetenschappelijke correspondenten: Ir. J.D. van der Baan, Dr. P. Bentvelzen, Dr. W. Bijleveld, Dr. E. Dekker, Drs. C. Floor, Dr. L.A.M. v.d. Heijden, Ir. F. Van Hulle, Dr. F.P. Israel, Drs. J.A. Jasperse, Dr. D. De Keukeleire, Dr. F.W. van Leeuwen, Ir. T. Luyendijk, P. Mombaerts, Dr. C.M.E. Otten, Ir. A.K.S. Polderman, Dr. J.F.M. Post, R.J. Querido, Dr. A.F.J. v. Raan, Dr. A.R. Ritsema, Dr. M. Sluysers, J.A.B. Verduijn, Prof. dr. J.T.F. Zimmerman.

Redactie Adviesraad: Prof. dr. W. J. van Doorenmaalen, Prof. dr. W. Fiers, Prof. dr. J. H. Oort, Prof. dr. ir. A. Rörsch, Prof. dr. R. T. Van de Walle, Prof. dr. F. Van Noten.

De Redactie Adviesraad heeft de taak de redactie van Natuur en Techniek in algemene zin te adviseren en draagt geen verantwoordelijkheid voor afzonderlijke artikelen.

Grafische vormgeving: H. Beurskens, W. Keulers-v.d. Heuvel, M. Verreijt.

Druk.: VALKENBURG offset, Echt (L.). Telefoon 04754-1223*.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland: Postbus 415, 6200 AK Maastricht. Tel.: 043-254044*.

Voor België: Tervurenlaan 32, 1040-Brussel. Tel.: 00-3143254044

EURO
ARTIKEL

Artikelen met nevenstaand vignet resulteren uit het EURO-artikelen project, waarin NATUUR EN TECHNIEK samenwerkt met ENDEAVOUR (GB), LA RECHERCHE (F), BILD DER WISSENSCHAFT (D), SCIENZA E TECNICA (I), TECHNOLOGY IRELAND (EI) en PERISCOPIO TIS EPISTIMIS (GR), met de steun van het Directoraat-generaal Telecommunicatie, Informatie-industrie en Innovatie van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.



Gehele of gedeeltelijke overname van artikelen en illustraties in deze uitgave (ook voor publikaties in het buitenland) mag uitsluitend geschieden met schriftelijke toestemming van de uitgever en de auteur(s).

Een uitgave van

ISSN 0028-1093



Centrale uitgeverij en adviesbureau b.v.

INHOUD

NIEUWE RUBRIEKEN	IV
BOEKEN	V
AUTEURS	VII
COLUMN	VII
HOOFDARTIKEL	579

DE OUDE GETROUWEN

580

Het behoud van zeldzame huisdieren

H.P.M. Hillegers

In de landbouw worden om economische redenen hoge eisen gesteld aan de produktiviteit van dieren. Als gevolg daarvan is een groot aantal, vaak lokale huisdierrassen zeldzaam geworden, zo niet uitgestorven. Dit is een betreurenswaardig verlies. In de meeste Westeuropese landen zijn dan ook instellingen actief die zich inzetten voor het behoud van deze bijzondere rassen. In Nederland is dat de dezer dagen tien jaar bestaande Stichting Zeldzame Huisdierrassen. Wat zijn de biologische, economische en emotionele argumenten van deze stichting?



NEUROTROFISCHE FACTOREN

592

Hersencellen in goede banen

W. Seifert

Geen deel van het lichaam is zo ingewikkeld als het zenuwstelsel: een netwerk van miljoenen cellen die soms tienduizenden onderlinge verbindingen hebben. Naast zenuwcellen komen in het zenuwstelsel allerlei steuncellen voor. Sommige daarvan produceren zogenaamde neurotrofische factoren, stoffen die de groei en ontwikkeling van de zenuwcellen rechtstreeks beïnvloeden. Het onderzoek van deze stoffen kan wellicht leiden tot geneesmiddelen tegen tot nog toe onherstelbare beschadigingen van het zenuwstelsel.



PLANKZEILEN

604

Techniek van een nieuw tijdverdrif

H.B. Smits

De opkomst van een totaal nieuwe sport is geen alledaagse gebeurtenis. Het plankzeilen vormt zo'n uitzondering. In nauwelijks twintig jaar ontwikkelde de zeilplank zich van een tekening op een octrooi-aanvraag tot een volwassen sportattribuut, waar duizenden zich mee vermaken. De zeilplank onderscheidt zich in een aantal opzichten van conventionele zeilboten. Bijvoorbeeld de besturing is heel anders. Welke aero- en hydrodynamische eigenschappen van de plank maken dat dit zo'n populair vaartuig is geworden?



NATUUR '86 & TECHNIEK

augustus/ 54° jaargang/1986



DE ZWAVELKRINGLOOP

Bronnen van zure regen

616

A.G. Ryaboshapko

Tegenwoordig haalt men om verschillende redenen zwavel uit de aardkorst: om de zwavel zelf, om er andere chemicaliën uit te maken en soms ook per ongeluk, als ongewenst nevenproduct bij de winning van fossiele brandstoffen. Zodra het uit de aardkorst is vrijgekomen, leidt zwavel een zwervend bestaan. Het reageert met andere stoffen en heeft merkbare invloed op het milieu. Dit artikel beschrijft de lotgevallen van door menselijke activiteit vrijgemaakte zwavel en laat zien hoe groot de menselijke invloed is.



LEVEN ZONDER ZWAARTEKRACHT

Biologisch onderzoek in de ruimte

630

S.L. Bonting

De ontwikkeling van de ruimtevaart is, ondanks recente tegenslagen, nu zo ver gevorderd dat binnen afzienbare termijn de eerste permanent bemande ruimtestations gerealiseerd gaan worden. Daardoor krijgt de wetenschap de beschikking over een zeer bijzonder type laboratorium, namelijk een waar de zwaartekracht is uitgeschakeld. Allerlei biologische en biochemische processen verlopen dan ineens heel anders. Biologisch onderzoek in de ruimte kan daardoor bijdragen aan de kennis van het leven.



UITPUTTING EN RECUPERATIE

De fysiologie van extreme inspanningen

640

H. Kuipers

Marathons en triathlons worden steeds populairder. Regelmatige fysieke inspanning bevordert de gezondheid en helpt bij het voorkomen en bestrijden van allerlei welvaartsziekten. Sportbeoefening kent echter ook een aantal ongunstige aspecten. Het veelvuldig voorkomen van blessures is daarvan het bewijs. Verder vragen marathons en triathlons, zeker als ze onder extreme omstandigheden plaats hebben, zo veel van het lichaam, dat het bij onvoldoende voorbereiding wel eens te veel kan zijn.

ACTUEEL

654

Erfelijke ziekten / Herbicideresistente planten / Gravitatielens (2x) / Quarks / TV met hoge resolutie / AIDS en Slow Virus / Astrocrash / Gat in ozonlaag / Wegenzout / Wadoliezuiger / Militaire biologen / Glaucoma

BEZIENSWAARDIG

664

TEKST VAN TOEN

666

OPGAVEN & PRIJSVRAAG

Natuur & Techniek start in september een vragenrubriek, waarbij de redactie de vragen stelt en de lezers de antwoorden mogen geven. De rubriek valt in twee delen uiteen.

Allereerst zullen er vragen gesteld worden over één van de artikelen uit de Natuur & Techniek van die maand. Die zijn vooral bestemd voor didactisch gebruik, waarmee de bruikbaarheid van Natuur & Techniek in het onderwijs verder wordt vergroot. De samenstelling wordt verzorgd door enkele vakdidactici op het gebied van de exacte wetenschappen.

Daarnaast is er maandelijks een vraag die de naam 'Prijsvraag' draagt. Hij is aan de pittige kant, gaat afwisselend over scheikunde, wiskunde of natuurkunde en is van het niveau dat in de nationale eindronden van de bekende 'olympiaden' gebruikelijk is. De opgavenmakers van die olympiaden verlenen ook hun medewerking aan de samenstelling van deze prijsvraag.

Onder de goede oplossers van de prijsvraag wordt maandelijks een boek uit onze Wetenschappelijke Bibliotheek verloot. Daarnaast is er een ladder: iedere inzender met een goede oplossing krijgt een bepaald aantal punten. Wie de meeste punten heeft, en dus bovenaan de ladder prijkt, krijgt een jaarabonnement op Natuur & Techniek als prijs, maar verliest daarmee wel zijn of haar punten. Omdat er eerst een paar ronden gespeeld moeten zijn, wordt de ladderprijs voor het eerst uitgereikt in januari 1987.



Natuur & Techniek streeft naar het opnemen van zo interessant mogelijk fotomateriaal bij de artikelen.

Enthousiaste amateurfotografen en producenten van een toevallige voltreffer krijgen vanaf volgende maand de kans de illustratieve waarde van Natuur & Techniek nog verder te vergroten.

De redactie publiceert vanaf september de 'Foto van de Maand', geselecteerd uit inzendingen van lezers van ons blad. Een deskundige jury beoordeelt de ingestuurde foto's. Het onderwerp is uiteraard natuur én techniek. Foto's die op beide woorden betrekking hebben genieten de voorkeur, maar natuur of techniek is ook het proberen waard.

De inzender van een geplaatste foto ontvangt een jaarabonnement op Natuur & Techniek.

De ingezonden foto's mogen in zwart-wit of kleur, op dia of fotopapier zijn vastgelegd. Gezien de samenstelling van de jury is het verstandig foto's van goede technische kwaliteit, op groter formaat dan een vakantiekiekje te leveren. Ingezonden foto's blijven eigendom van de inzender en worden na beoordeling geretourneerd, indien foto's en dia's zelf voorzien zijn van naam en adres.

Inzenden is vanaf nu mogelijk aan:
Natuur & Techniek,
Foto van de maand,
Postbus 415,
6200 AK Maastricht.

The Problems of Biology

John Maynard Smith. The Problems of Biology. 134 Pag. ISBN 0 19 289198 7. Uitgeverij Oxford University Press, 1986. Paperback. Prijs £ 4,95

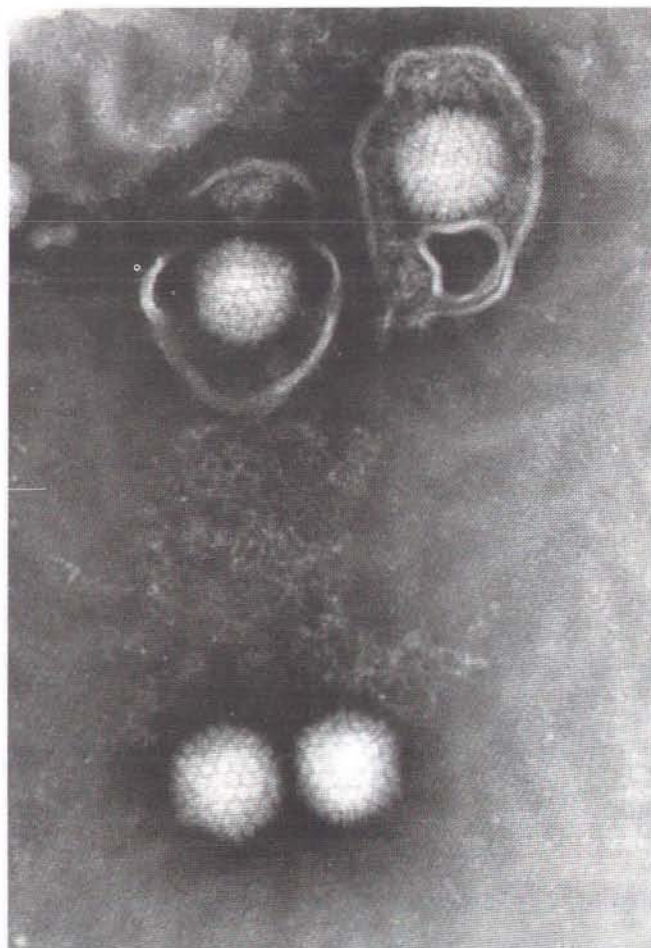
Voor een goed inzicht in een bepaalde wetenschap moet men soms stilstaan bij de problemen waarmee die wetenschap worstelt. De tekstboeken die studenten te verwerken krijgen, concentreren zich vaak op solide, algemeen aanvaarde theorieën en waarheden.

'The Problems of Biology' is verre van een uitputtende catalogus van wat anno 1986 onduidelijk of controversieel is in de biologie. Toch slaagt John Maynard Smith erin om in dit kleine boekje in tien hoofdstukken de kern te schetsen van enkele actuele discussies. Deze Britse populatiegeneticus is de auteur van een klassieker over de evolutietheorie, 'The Theory of Evolution' (1958). Het boekje is door zijn beknoptheid vaak minder toegankelijk voor de absolute leek en de structuur van sommige hoofdstukken is nogal zig-zag.

Maynard Smith begint logischerwijze met de definitie van leven. Vervolgens wordt de moleculaire natuur van de erfelijkheid uiteengezet. Dan wordt een van de moeilijkste problemen in de biologie aangeraakt: het ontstaan van seksuele voortplanting. De moeilijkheden rond de concepten *species* en *phylym* vormen de overgang naar enkele problemen in de evolutietheorie.

De mechanismen voor de stabiliteit en regeling van het metabolisme zijn onderwerp van een hoofdstuk dat minder in het kader van het boek past.

De laatste hoofdstukken zijn gewijd aan de neurowetenschappen en de ontwikkelingsbiologie, die volgens Maynard Smith 90 procent van de onopgeloste problemen in de biologie voor hun rekening



De biologie kent nog veel raadselen, ondanks het feit dat de methoden om ze te lijf te gaan, zich nog gestaag ontwikkelen. Een voorbeeld is de elektronenmicroscopie. Deze herpesvirussen zijn 250 000 maal vergroot.

nemen. De auteur gaat dieper in op de moeilijkheden rond de studie van het gedrag en de relatie tussen het gedrag en het zenuwstelsel. Hij behandelt uitvoerig het visueel systeem, waar de benaderingen van de neurobiologie en de psychologie elkaar het dichtst raken. Maynard Smith verklaart zich een voorstander van zowel een holistische als een reductionistische aanpak van de moeilijkste problemen in de biologie.

De mogelijke mechanismen van cellulaire differentiatie als voor-

naamste component van het ontwikkelingsproces worden helder geanalyseerd in het voorlaatste hoofdstuk. En hij eindigt met een schitterende synthese van de theorieën omtrent de oorsprong van het leven.

Met 'The Problems of Biology' biedt John Maynard Smith een uitstekende sightseeing-tour in de biologie, niet te missen door de geïnteresseerde student.

Peter Mombaerts
KU Leuven

PREVENTIE VAN KINDERSTERFTE

Ziekten en handicaps

De afgelopen eeuw is de kindersterfte in ons land spectaculair gedaald. Oorzaken: het toegenomen besef van hygiëne en nieuwe inzichten in de verzorging van kinderen. Ook de opkomst van de bio-medische wetenschap en de (jeugd)gezondheidszorg was van groot belang. Nu sterven de meeste kinderen door ongelukken in en om het huis; bij zuigelingen spelen aangeboren afwijkingen een rol.

Bij de zorg voor pasgeborenen is veel veranderd. Steeds meer onvoldragen kinderen kunnen in leven gehouden worden, maar zij zijn erg kwetsbaar. Preventieve maatregelen ten behoeve van de kwaliteit van dat leven zijn nodig. Dat roept nieuwe vragen op over de kwaliteit van leven en de grenzen van de zorg rond de geboorte.

Daarnaast is het tegenwoordig mogelijk om aangeboren afwijkingen al voor de geboorte op te sporen. Ouders van een kind waarbij al voor de geboorte ernstige afwijkingen zijn vastgesteld, staan voor het dilemma of de zwangerschap wel uitgedragen moet worden. De mogelijkheid al vroeg in levensprocessen in te grijpen schept de verplichting ook de gevolgen van deze handelingen ter discussie te stellen.



Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 4 van de 10e jaargang.

Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Inhoud en auteurs

Voorwoord

Kindersterfte in de 19e eeuw

G.T. Hartman & E.J. Birkfelder

Jeugdgezondheidszorg

H.P. Verbrugge

Een middag op het consulatiebureau

Y.O. Prins-Kroondijk

Het voorkómen van ongevallen

W.H.J. Rogmans

Wiegedood

M. Geudeke

Rond de geboorte

J.H. Ruys & S.P. Verloove-Vanhorick

Medisch-ethische problemen

rond de geboorte

R. de Leeuw

Mag pasgeboren zwaar defect leven worden beëindigd?

L. Fretz

Voor de geboorte/voor de conceptie

M.F. Niermeijer & E.S. Sachs

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht. – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044

Drs. H.P.M. Hillegers ('De oude getrouwen') is op 24 maart 1940 in Meerssen geboren. Hij studeerde biologie aan de Rijksuniversiteit Groningen van 1964 tot 1969. Daarna was hij een tijd lang werkzaam als leraar. Hij is bestuurslid van de Stichting Zeldzame Huisdierassen en werkt aan een vegetatiekundig profielschrift over typisch Limburgse terreinen.

Dr. W. Seifert ('Neurotrofische factoren') is op 7 september 1937 in Lengenfeld (D) geboren. Hij studeerde biologie en scheikunde in Hamburg en München en promoveerde in 1966. Van 1971 tot 1975 was hij werkzaam aan het Salk-Institute in San Diego. Sinds 1982 is hij verbonden aan het Max-Planck-Institut für Biophysikalische Chemie in Göttingen.

Ir. H.B. Smits ('Plankzeilen') is op 28 april 1957 in Leersum geboren. Hij studeerde scheepsbouwkunde aan de TH in Delft van 1975 tot 1982. Sindsdien schrijft hij in het blad Windsurfkampioen over de theoretische aspecten van de sport. Daarnaast werkt hij als projectleider bij IHC Holland, bouwers en ontwerpers van baggermaterieel.

Dr. A.G. Ryaboshapko ('De zwavelkringloop') leidt het laboratorium van het Instituut voor Toegepaste Geofysica van het Staatscomité voor Hydrometeorologie en Milieubeheersing van de Sovjet-Unie. Hij houdt zich daar vooral bezig met onderzoek naar de bronnen van luchtverontreiniging en het lot van verontreinigde stoffen in de atmosfeer.

Prof. dr. S.L. Bonting ('Leven zonder zwaartekracht') is op 6 oktober 1924 in Amsterdam geboren. Hij studeerde daar scheikunde van 1941 tot 1952. In datzelfde jaar promoveerde hij. Daarna verbleef hij in de V.S. tot in 1965 zijn benoeming tot hoogleraar biochemie in Nijmegen volgde. Sinds vorig jaar is hij gastmedewerker bij het NASA Ames Research Center.

Dr. H. Kuipers ('Uitputting en recuperatie') is op 22 november 1947 in Vries (Dr.) geboren. Hij studeerde geneeskunde aan de Rijksuniversiteit Groningen van 1970 tot 1976. Sindsdien is hij werkzaam bij de Rijksuniversiteit Limburg als inspanningsfysioloog. Hij promoveerde in 1983. In 1976 was hij wereldkampioen hardrijden op de schaats.

Raad

Tsja, de Raad van Advies voor het Wetenschapsbeleid. Er hebben natuurlijk nooit revolutionairen in gezeten, alleen maar – nou ja, alleen maar..... – mensen die het wetenschapsbedrijf door en door kenden en begrepen, die als groep wisten te werken met een zeer hoge mate van integriteit en die keer op keer in keurige bewoordingen – met zijden overschoenen om zo te zeggen – stevig op lange tenen gingen staan. Wat vriendelijker misschien: als een goede herdershond bewaakte de RAWB de her en der dolende schapen (of geiten) van de wetenschap – en de herder (als we het directoraat-generaal voor het wetenschapsbeleid zo mogen noemen) ook nog. Een onmogelijke taak, die dan ook in zoverre mislukte dat er soms meer afwijkingen dan wenselijk gedrag te zien waren.

Maar de manier waarop het gebeurde dwong bewondering af. Vrijwel elk stuk van de Raad was op zijn minst degelijk. Er werden problemen gesignaleerd, hechte en door hun structuur voor kritiek open redeneringen opgezet om tot diagnoses en therapieën te komen. Er was geregeld een fikse dosis departementale botheid nodig om die adviezen te negeren.

Daaraan was vaak geen gebrek, maar telkens opnieuw ging de Raad door op dat lofwaardige, door uiteenlopende voorzitters en leden volgehouden pad. Ik heb het al vaak gezegd: die waardering betekende niet, dat men het met alle adviezen van de RAWB eens moest zijn. Het goede van de adviezen was, dat ze een discussie mogelijk maakte, doordat ze een logische en daarmee kritiseerbare motivatie omvatten.

Deze eerste alinea's staan in de verleden tijd. De RAWB bestaat nog wel, maar heeft ook klaarblijkelijk de moed opgegeven. De Raad kiest in het jaaradvies 1986 vóór alles voor 'pragmatische aanvaarding'. Heel anders dan voorheen komt het advies eigenlijk niet verder dan dat er meer van hetzelfde nodig is.

Geen analyse van de verhouding tussen fundamenteel onderzoek en industriële technologie, maar een tamelijk matte herhaling van de al overbekende constatering dat Nederland minder aan onderzoek uitgeeft dan andere industrielanden en dat er dus wat bij moet. En wat dan wel?

Een honderd miljoen voor vervanging en

modernisering van de – als algemeen bekend, globaal uit de dagen van olim stammende – apparatuur in laboratoria. Niets tegen natuurlijk, maar dat had iedereen al vastgesteld, ook de minister, zij het dat die vond dat er dan maar wat minder onderzoekers moesten zijn zodat de universiteiten wat geld zouden overhouden voor nieuwe apparatuur.

En honderd miljoen voor een grote computer waarop alle universiteiten zouden kunnen worden aangesloten. Niks tegen een grote computer, al is de winst die te maken valt door het inschakelen van nog weer een groter systeem met alle daarbij behorende beheersproblemen en kansen op bureaucratische pietluttigheden ten aanzien van het gebruik, niet boven alle twijfel verheven. Maar goed, iedereen praat over informatisering, en dan kan de huidige RAWB kennelijk niet achterblijven. Vorig jaar had de Raad het daar ook over, maar toen met een aantal belangrijke kritische opmerkingen over vrijwel witte plekken in de kenniskaart met betrekking tot de invloed van al dat matglanzende spul op de samenleving. Nu komt men niet verder dan 'pragmatisch' maar gewoon om meer vragen.

En ja hoor, het grootste portie van de poet moet naar het bedrijfsleven om daar onderzoek te stimuleren. Op zich niks tegen alweer, maar hoe verhoudt zich dat tot het fundamentele en het strategische onderzoek? En weet de Raad wel of dat helpt? Casimir dacht daar destijds anders over en die weet toch wel iets van onderzoek in het bedrijfsleven. En recent schrijft ene J.R. Bügel in het Financiële Dagblad: "Veel meer dan premies en subsidies speelt hierbij een rol de vraag of het fundamenteel onderzoek aan de universiteiten en de grote technologische instituten met de internationale ontwikkeling kan meekomen en of het hoger onderwijs kans ziet de komende jaren voldoende hoogwaardig gekwalificeerde onderzoekers af te leveren."

Hij is de enige niet. Le Pair van de Stichting Technische Wetenschappen, Rörsch van TNO, Teer van Philips, allemaal wijzen ze op die problemen. Het komt steeds meer voor dat echt goede afgestudeerden een baan in het bedrijfsleven nemen waar ze tot het drievoudige kunnen krijgen van wat een AIO verdient, en anderhalf maal het salaris van een wetenschappelijk assistent. Steeds meer zijn promovendi dan ook mensen van het tweede garnituur. En

dat, terwijl bijv. Philips al een heel eind is teruggedoken op het vroegere standpunt dat ze daar vooral jonge mensen wilden hebben; ook daar hoort men nu een sterke voorkeur voor gepromoveerden.

En dat zijn dan nog altijd ouderwetse doctorres, niet mensen met een wat uitvoerige cursus na een opleiding op HBO-niveau, waar toe de meeste universitaire studie snel verworden.

In plaats daarvan besteedt de RAWB veel aandacht aan defensie-onderzoek. Dat zou allemaal veel opener moeten, zodat ook daar het bedrijfsleven direct profijt van zou kunnen hebben. Tegen zo'n opvatting kan ook alweer niemand bezwaar hebben – behalve misschien een paranoïde koude-oorlogfanaat die bang zou kunnen zijn dat de onschatbare geheimen van het Prins Mauritslaboratorium via het bedrijfsleven naar Moskou worden gesluisd. Ik weet niet zeker of de mening achter dit deel van de RAWB-analyse optimistisch of pessimistisch moet worden genoemd, dat hangt ervan af of je defensieresearch mooi vindt of juist niet. In elk geval zou het me zeer verbazen als er op dat gebied veel meer voor het bedrijfsleven te halen zou zijn dan er nu al uitkomt. Veruit de belangrijkste defensie-ontwikkelingen komen namelijk uit het bedrijfsleven zelf voort.

Maar het gaat me eigenlijk niet om wat de RAWB precies aanbeveelt. Waar het me om gaat is de matheid en volgzaamheid, die dan misschien pragmatisch mag worden genoemd, maar die wel erg schril afsteekt bij de eigenzinnige creativiteit van vroeger. Enige tijd geleden was er sprake van dat de RAWB zou worden opgeheven. Als dit jaaradvies symptomatisch is hoeft dat dus niet meer.

A. de Kool

Sport

Wie zich — als zovelen — erover verbaast dat de prestaties in de sport steeds maar beter worden, dat elk record altijd weer sneuvelt, dat topprestaties van enkele decennia terug nu nog maar net op goed amateurniveau liggen, kan in elk geval een deel van het antwoord vinden in het artikel van H. Kuipers op pag. 640. De wetenschap is zich met de prestatiemogelijkheden van mensen gaan bemoeien, en dat met duidelijk succes.

Het is boeiend te zien hoe hier, kennelijk op de noemer van gezamenlijke belangstelling voor de sport, kennis uit allerlei disciplines op een uiterst soepele manier tot een eenheid op het niveau van een reeks betrekkelijk simpele recepten is geïntegreerd. Het zal niet gemakkelijk zijn andere voorbeelden te vinden waar de patholoog-anatoom, de biochemicus, de voedingsdeskundige, de ergonoom en de fysioloog zo geruisloos en vanzelfsprekend samenwerken — voor de auteur blijkbaar zo vanzelfsprekend dat hij er verder geen aandacht aan geeft. De verwetenschappelijking van de sport en de sportprestatie maakt deel uit van een grote verandering in de rol van de sport. Die verandering neemt allerlei vormen aan. In sommige takken — vooral de populaire kijksporten als voetballen en wielrennen — is de sport een gewoon bedrijf geworden, waarin een produkt wordt gemaakt dat moet worden verkocht. De betrokken sportondernemingen worden veelal — en in toenemende mate — geleid door professionele managers, van wie het betrekkelijk toevallig is dat ze nu een voetbalbedrijf leiden en niet een scheepswerf of een uitgeverij. Voor hen is wetenschappelijk onderzoek in feite gewoon deel van de normale bedrijfsvoering, vergroting van prestatie is produktiviteitsverhoging. Het management is rationeel — en het 'spel' ook (wie het niet gelooft kijke de videobanden van het wereldkampioenschap voetbal er nog maar eens op na), en daarmee houdt het op spel te zijn, wat immers te maken heeft met spelen, speelsheid, ludiciteit. En dus klagen de sportverslaggevers elke maandag weer over saaie wedstrijden. En dus blijft het publiek weg.

Aan de andere kant neemt de amateuristische sportbeoefening voortdurend toe. Maar ook die is van karakter veranderd. Ging het nog maar kort geleden de meeste amateurs nog om een uurtje lekker samen zweten met een paar pilsjes toe, nu telt ook daar de prestatie — de vergelijkende prestatie wel te verstaan — steeds zwaarder. Nog niet zo lang geleden betekende het lidmaatschap van een sportclub een uurtje per week min of meer vrijwillig trainen. Nu zijn het gauw drie avonden van twee en een half uur verplicht per week, en wie verstek laat gaan kan wegblijven. De trainingsrecepten die Kuipers beschrijft worden dan ook niet alleen gehanteerd door topsporters.

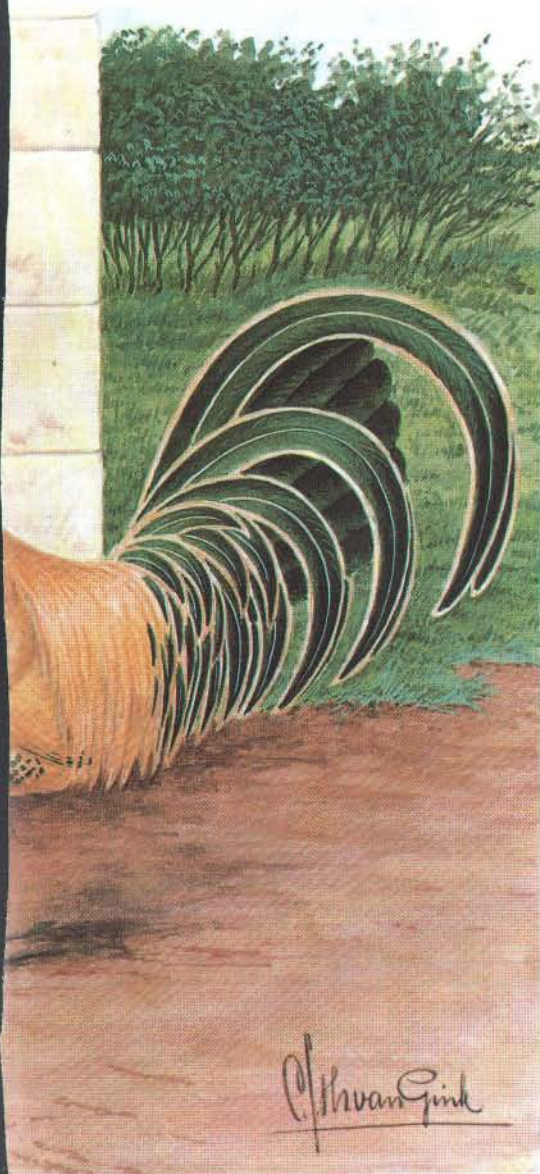
Wat zit daar allemaal achter? De dooddoener dat mensen nu eenmaal altijd beter willen geeft geen antwoord. Mensen hebben het zo'n dik miljoen of meer jaar zonder trainingsrecepten gedaan, en nog altijd zit menigeen die uit minder geïndustrialiseerd land komt vreemd te kijken als hij de ongelukkig kijkende, zwetende joggers ziet. Is het om de gezondheid? Terecht zegt Kuipers dat sport lang niet altijd zo gezond is, en over effecten op den langen duur van de zorgvuldig verkregen fysiologische veranderingen is nog niets bekend. Misschien kan ook het waarom deel worden van de vraagstelling van de sportwetenschap.

H.P.M. Hillegers
Meerssen

DE OUDE



GETROUWEN



Het behoud van zeldzame huisdierrassen

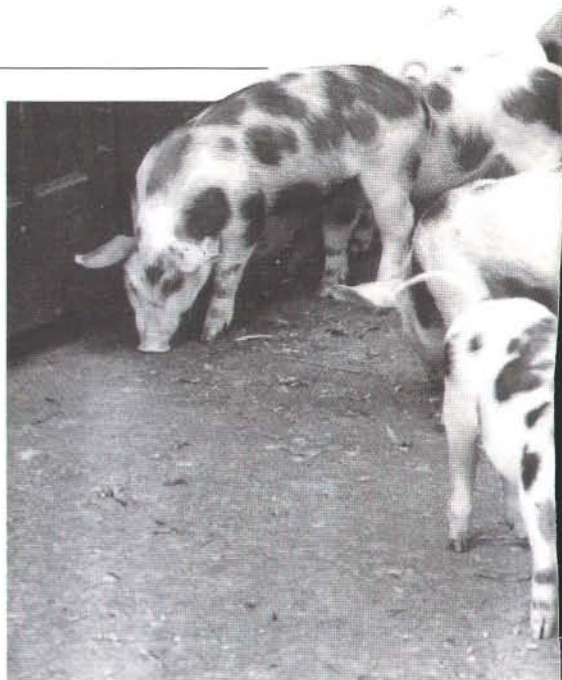
Met de huidige fokkerijmethoden heeft men een strenge selectie toegepast op de variatie aan landbouwhuisdierrassen. Om economische redenen worden hoge eisen gesteld aan hun produktiviteit. Vele, vaak lokaal voorkomende rassen zijn al uitgestorven of zeldzaam geworden.

Om diverse redenen is het verlies van deze, vaak zeer oude landbouwhuisdierrassen te betreuren. In de meeste West-europese landen bestaan inmiddels instellingen die een verder verlies trachten te voorkomen; in Engeland de 'Rare Breeds Survival Trust', in Frankrijk de 'Société d'Ethnozootechnie', in West-Duitsland de 'Gesellschaft zur Erhaltung alter und gefährdeter Haustierrassen' en in Nederland de 'Stichting Zeldzame Huisdierrassen'. De laatstgenoemde stichting viert in september aanstaande haar 10-jarig bestaan. Daarom aandacht voor haar doelstellingen en argumenten in Natuur en Techniek.

Tot het materiële cultuurgood van een regio behoren niet alleen levenloze gebouwen maar ook levende, voor dat gebied typische landschapseenheden, waarvan karakteristieke huisdierrassen deel uitmaken.

Dit geldt, bijvoorbeeld, voor het koolzwarte Friese paard, een opvallende verschijning in het wijde, groene Friesland. Het is een statig tuigpaard dat letterlijk bij elke culturele manifestatie in Friesland komt opdagen. Enige jaren geleden zag de toekomst van dit fraaie paarderas er niet zo rooskleurig uit. Hoewel al in 1879 een stamboek voor het Friese paard werd opgericht, was er in de jaren zestig een duidelijke neergang in de fokkerij merkbaar. Daar is net op tijd verandering in gekomen: vanaf 1978 is het stamboek gesloten; hetgeen betekent dat het sindsdien onmogelijk is om Friese paarden van onbekende herkomst te laten registreren. In 1979 bedroeg het aantal stamboekdieren ongeveer 2200, waaronder 900 fokmerries. Voor de vorming van dit koolzwarte dier, dat hoogstens een witte 'kol' (een vlekje op het voorhoofd) mag bezitten, zijn paarden uit Spanje, geïmporteerd in de 16e en 17e eeuw van doorslaggevende betekenis geweest. Sinds die tijd bleef het ras vrijwel ongewijzigd.

Een ander oud huisdierras, het 'Middel-eeuwse' varken, verdween. Elke filmscene van een Middeleeuwse situatie met varkens is daarom een anachronisme, weliswaar voor de leek minder opvallend dan een figurant met een polshorloge, maar historisch ook onjuist.



Stichting Zeldzame Huisdierrassen

De Stichting Zeldzame Huisdierrassen, waarvan de initiatiefnemers medewerkers waren van het Biologisch-Archaeologisch Instituut te Groningen en van het Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek in Zeist, vormt een overkoepelend orgaan, dat zich inzet voor de belangen van Nederlandse zeldzame huisdierrassen en contacten onderhoudt met zusterorganisaties in het buitenland.

Haar begunstigers zijn niet alleen particuliere fokkers. Ook vertegenwoordigers van overheidsinstellingen (Staatsbosbeheer) of ge-

meentelijke instellingen (kinderboerderijen) hebben zich daarbij aangesloten.

Naast het verstrekken van foktechnische adviezen geeft de Stichting vooral voorlichting in de vorm van het al enige jaren geleden verschenen standaardwerk 'Zeldzame Huisdierrassen', door de uitgave van een periodiek 'Zeldzaam Huisdier', door jaarlijkse begunstigersdagen en medewerking aan regionale fokdagen of -bijeenkomsten. Bepaalde fokcentra worden door de Stichting voorzien van het predikaat 'Erkend Fokcentrum'.



Geheel boven: Er zijn nog wel varkensrassen, zoals hier een koppel bonte biggen, die afwijken van de bleke krulstaarten die het produkt zijn van de huidige fokkerijmethoden, maar gelijkenis met het ruwharige, hoogbenige, slanke oerras vertonen ook deze niet meer.

Linksboven: Van het Friese paard lopen weer voldoende nakomelingen in de wei om voortbestaan van het ras voorlopig te verzekeren.

Boven: Het Groningse paard is in feite uitgestorven en kan alleen via 'terugfokken' van de uiterlijke kenmerken weer ontstaan. De oude merrie voor deze kar was nog een echte Groningse maar leverde geen nakomelingen meer.

Destijds werden varkens, net als schapen, in kudden gehouden, die in de herfst naar de bossen werden gedreven om vet te worden van de eikels en beukenootjes. Blijkens de vele afbeeldingen uit die periode waren het hoogbenige, opvallend slanke dieren, voorzien van stijve borstelharen op de rug en puntige, schuin omhoog staande oren.

De huidige, Westeuropese krulstaarten zijn produkten van fokkerskunst en verschillen aanzienlijk van hun Middeleeuwse soortgenoten; hun roze kleur, haarloze huid, korte snoet, hangoren, hoge groeisnelheid, maar ook hun overgevoeligheid voor ziekten, zijn eigenschappen die het gevolg zijn van een selectie uit een oorspronkelijk Engels ras.

Andere huisdierrassen hebben de moderne tijd overleefd. Merkwaardige hoenderrassen, onder andere bekend van 17e-eeuwse afbeeldingen, zouden beslist zijn uitgestorven, ware het niet dat groepjes liefhebbers, verzameld in kleine fokkersclubs, zich het lot hebben aange trokken van baardhoenders, kuifhoenders, uilebaarden en kraaikoppen.

Een laatste voorbeeld uit het buitenland, want daar bestaan dezelfde problemen als in Nederland, om aan te geven dat oude huisdierrassen om cultuurhistorische redenen behouden moeten worden, betreft de beroemde 'Texas longhorn', een zwaar gehoornd runderas uit de pionierstijd van Noord-Amerika, dat men nu ook in stand houdt om op te treden in westerns, wanneer die behalve amusement ook authenticiteit willen bieden.

Wetenschappelijke argumenten

De grote variatie aan huisdierrassen heeft al vanaf het begin van de vorige eeuw de aandacht getrokken van biologen. Darwin, de grondlegger van de evolutiegedachte, heeft zich bij het opstellen van die theorie, waarin de termen *selectie* en *variatie* sleutelposities bekleden, vooral laten inspireren door fok (= selectie) en verscheidenheid (= variatie) van huisdieren.

Het huidige genetisch onderzoek, dat sindsdien een belangrijk deel vormt van fundamenteel biologisch onderzoek, treft enerzijds geschikt proefmateriaal aan in (zeldzame) huisdierrassen om genetisch wetmatigheden te toetsen. Dat bleek onlangs bij 'blauwe' schapen (zie Intermezzo I). Anderzijds kan de ge-

neticus fokprogramma's opstellen, waardoor bepaalde rassen op termijn 'verbeterd' worden of dusdanig genetisch veranderen dat hun producten in economisch opzicht waardevoller worden dan voorheen.

Niet alleen van wetenschappelijk maar ook van foktechnisch belang is het verschijnsel *in-teelt*, dat, genetisch vertaald, meestal een verarming betekent van het genenreservoir van een soort of een ras. In-teelt doet zich met name voor bij die huisdierrassen waarbij de verhouding tussen mannelijke en vrouwelijke individuen sterk afwijkt van de één-op-éénverhouding. Dit geldt vooral voor de grote huisdieren waarbij slechts één stier of hengst vaak honderden vrouwelijke individuen bevrucht (zie Intermezzo II).

Minder praktijkgericht waren de wetenschappelijke experimenten van de gebroeders Heck in de jaren 1920-1930, die bepaalde ras-



Boven: Het Heckrund is een teruggefokte oeros. Het is een kruisingsproduct van rassen die in de uithoeken van Europa nog bestonden.

Rechtsboven: Oude hoenderrassen zien er dikwijls meer uit als siervogels dan als waak- en produktiekippen. Op de foto's van links naar rechts: een Noordhollandse blauwe hen; een uilebaard; een baardkuifhoen; een Drentse bolstaartpatrijns en een zwart Hollands kuifhoen.

Blauwe Texelaar

In 1968 ontdekte een Friese schapenfokker een merkwaardig gekleurd ramlam in zijn koppel Texelaren. De grijsblauwe kleur van diens vacht bleek een erfelijk bepaald kenmerk en na enige jaren fokken groeide het aantal 'blauwen' aan tot een twintigtal dieren. Door onderlinge kruisingen en terugkruisingen met ouderdieren werd vastgesteld dat de afwijkende vachtkleur bepaald werd door een ten opzichte van de witte kleur recessief gen. Dat blijkt uit de volgende constatering:

1. Twee homozygoot witte dieren leveren uitsluitend witte nakomelingen.
2. Een homozygoot wit en een heterozygoot dier leveren alleen witte nakomelingen.
3. Een homozygoot wit en een homozygoot blauw dier leveren alleen witte nakomelingen.
4. Een vierde deel der nakomelingen van twee heterozygote dieren is blauw, de rest is wit.
5. Een heterozygoot en een homozygoot blauw leveren voor de helft blauwe nakomelingen.
6. Twee homozygoot blauwe dieren leveren uitsluitend blauwe nakomelingen.

Tabel I-1 geeft een overzicht van deze punten in een verervingsschema.



Links: Een lam van de Blauwe Texelaar. Hoewel de Texelaar zelf niet tot de zeldzame huiddierrassen behoort, integendeel zelfs, hoort de Blauwe Texelaar er wel toe. De Texelaar is het voor de vleesproductie meest gebruikte schaap in Nederland.

TABEL I-1 De vererving van de blauwe kleur bij Texelaren. (A^{wh} staat voor wit, a^{bl} voor blauw)

Ouders	Resultaat bij nakomelingen
1. $A^{wh} A^{wh}$ (wit) x $A^{wh} A^{wh}$ (wit)	$A^{wh} A^{wh}$ (100% wit)
2. $A^{wh} A^{wh}$ (wit) x $A^{wh} a^{bl}$ (wit)	$A^{wh} A^{wh}$ of $A^{wh} a^{bl}$ (100% wit)
3. $A^{wh} A^{wh}$ (wit) x $a^{bl} a^{bl}$ (blauw)	$A^{wh} a^{bl}$ (100% wit)
4. $A^{wh} a^{bl}$ (wit) x $A^{wh} a^{bl}$ (wit)	$A^{wh} A^{wh}$ of $A^{wh} a^{bl}$ of $a^{bl} a^{bl}$ (75% wit, 25% blauw)
5. $A^{wh} a^{bl}$ (wit) x $a^{bl} a^{bl}$ (blauw)	$A^{wh} a^{bl}$ of $a^{bl} a^{bl}$ (50% wit, 50% blauw)
6. $a^{bl} a^{bl}$ (blauw) x $a^{bl} a^{bl}$ (blauw)	$a^{bl} a^{bl}$ (100% blauw)

Inteelt

Bij een gegeven aantal dieren is de inteelttoename het kleinst als er evenveel mannetjes ($\sigma\sigma$) als vrouwtjes ($\varnothing\varnothing$) aan de fokkerij deelnemen en deze willekeurig met elkaar gepaard worden (en bovendien elk ongeveer evenveel nakomelingen krijgen). We spreken dan van een ideale populatie. Echter, bij landbouwhuisdieren zijn er steeds veel minder $\sigma\sigma$ dan $\varnothing\varnothing$ bij de fokkerij betrokken! Dat betekent, dat de inteelttoename sneller plaatsvindt dan in de 'ideale' populatie mogelijk is. Om aan te geven hoeveel sneller dan wel, is het begrip *effectieve populatiegrootte* (symbool: N_e) ingevoerd.

Uit tabel II-1 blijkt, dat bij gelijk aantal $\sigma\sigma$ en $\varnothing\varnothing$ de effectieve populatiegrootte gelijk is

aan het werkelijke aantal dieren. Bij kleinere aantallen $\sigma\sigma$ neemt N_e sterk af en speelt het aantal $\varnothing\varnothing$ nauwelijks meer een rol, wat natuurlijk wordt veroorzaakt door de teller in de formule voor N_e . N_e wordt dan vooral bepaald door het aantal $\sigma\sigma$. Aldus kunnen we voor iedere populatie het effectieve aantal berekenen. N_e wordt berekend uit de aantallen $\sigma\sigma$ (N_m) en $\varnothing\varnothing$ (N_f) in de populatie en wel als volgt:

$$N_e = \frac{4 \times N_m \times N_f}{N_m + N_f}$$

De inteelttoename is nu te berekenen als

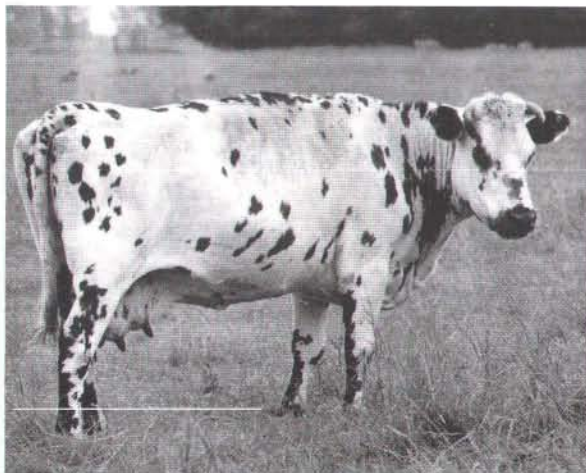
$$\frac{1}{2N_e} \times 100\%$$

Bij iedere N_e kan men zo de daarbij behorende inteelttoename berekenen.

sen van één soort onderling kruisten met het doel de oorspronkelijke oervorm van die soort te reconstrueren. Het experiment betrof de reconstructie van de oeros, waarvan het laatste exemplaar in 1627 stierf. Er zijn vele skeletvondsten, gedetailleerde en natuurgetrouwe afbeeldingen en beschrijvingen bekend van de oeros die de stamvorm zou zijn van alle Europese runderrassen. Typische eigenschappen zijn onder andere de grote horens der stieren,

een over de rug lopende lichtgekleurde streep, de aalstreep genoemd, een tweekleurige aftekening van de romp en een lichtgekleurde ring rond de snoet. Bovenstaande kenmerken waren in het genenreservoir van diverse, meest primitieve runderrassen bewaard. Het poestarund uit Hongarije bezat bijvoorbeeld de typische oeroshorens. Een aalstreep werd daarentegen aangetroffen bij 'bergkoetjes' uit de Auvergne.

De ietwat vertoond kijkende dame op de foto links is een zwartbont getijgerde koe. Daarnaast staat een koe van het lakenvelder ras. De kleur ontbreekt, maar het gaat hier om een roodbont exemplaar.



P. de Graaf en R.C. Buis
Vakgroep Veeteelt, LH Wageningen

TABEL II-1 De inteelttoename per generatie bij verschillende getalsverhoudingen mannelijke en vrouwelijke dieren

Aantal dieren ♂ ♂	♀ ♀	Effectieve populatie grootte	Inteelttoename per generatie (%)
50	50	100	0,5
40	60	96	0,5
30	70	84	0,6
20	80	64	0,8
10	90	36	1,4
5	95	19	2,6
1	99	4	12,5

Door kruisingen van runderrassen met bovengenoemde kenmerken verkregen de gebroeders Heck een serie nakomelingen, die althans het uiterlijk van de oeros benaderden. Deze zogenaamde Heckrunderen worden momenteel in dierentuinen en natuurparken gepresenteerd als oerossen en fungeren tevens als 'grote grazers' in natuurreservaten. Ze blijken daar nauwelijks menselijke verzorging nodig te hebben (zie Intermezzo III).



Economische argumenten

De veeteeltpraktijk streeft naar topkwaliteit en -kwantiteit van produkten, geleverd door landbouw-huisdierrassen. Alleen optimaal producerende dieren worden in staat gesteld zich voort te planten. Steeds strenger worden de voorschriften in de fokkerij, het invoeren van kunstmatige inseminatie, de techniek van het ongeslachtelijk vermenigvuldigen, het zogenaamd klonen, en het gebruik van draagmoeders zijn methoden waardoor men deze selectie in toenemende mate kan verscherpen. Uiteraard heeft dit geleid tot een sterke afname van de variatie aan rassen binnen één gedomesticeerde soort, maar ook van de genetische variatie der individuen binnen een ras. Zo verdween in de loop van deze eeuw de helft van het aantal Britse runderrassen en van de dertig Noorse runderrassen bleven er slechts drie over.

Het verminderen van de genetische variatie bij huisdierrassen kan inteeltverschijnselen te weegbrengen, die zich uiten in verminderde vruchtbaarheid en vitaliteit. Alleen al om die redenen is het economisch verantwoord variatie aan genetisch materiaal op te slaan. Dat kan in genenbanken geschieden, waar sperma of andere lichaamscellen in diepgevroren toestand bewaard kunnen worden. Natuurlijk kunnen ook kleine populaties van economisch minder rendabele rassen in stand worden gehouden, dat gebeurt al in kinderboerderijen, landbouwmusea en openluchtmusea.

Ook om andere redenen is het economisch verantwoord zeldzame huisdierrassen te conserveren. Bepaalde marktverschuivingen kunnen de waarde van een zeldzaam huisdierras wel eens verhogen!

Ter illustratie een tweetal voorbeelden, waarin telkens een zeldzaam ras van stal gehaald wordt om aan een nieuwe of andere marktvraag te voldoen. De huidige overproductie van melk en de daaruit vervaardigde zuivelprodukten heeft in EEG-verband geleid tot een verhoging van de vleesproductie bij runderen. Een uitgesproken vleesleverancier is het Charolaisrund, een snel groeiend, veel vleesaanzettend ras uit Centraal-Frankrijk, dat nu ook in Nederland furore maakt.

De 'boterberg' en 'melkplas' veroorzaken tevens een verschuiving in de produktie van melk naar schapevlees. Echter het alom in Ne-



Grote grazers

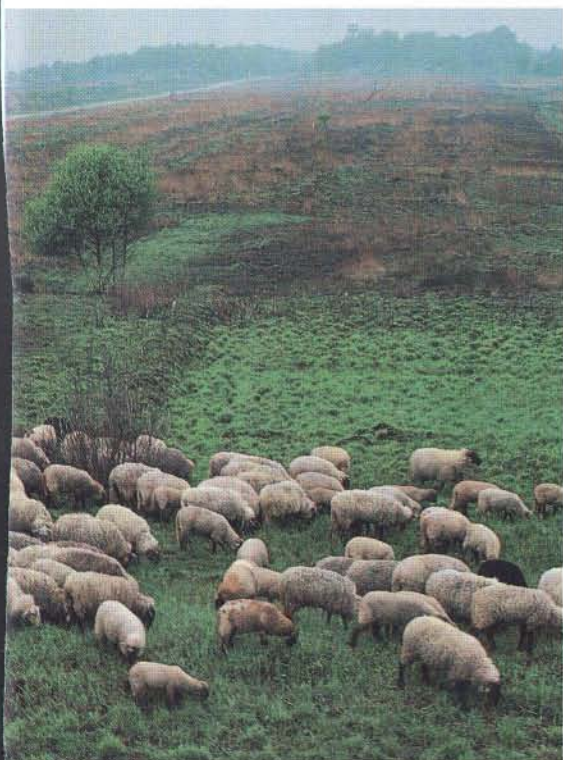
INTERMEZZO IV



Het opnieuw introduceren van 'grote grazers', herbivoren van het formaat van een rund, in natuurgebieden is enerzijds het gevolg van de toenemende behoefte aan natuurgebieden in dit overbevolkte land, anderzijds van de noodzaak om in die gebieden de nodige variatie te houden of te maken in structuur en soortensamenstelling van de vegetatie en de daarvan afhankelijke fauna.

Linksboven: Midden op de Veluwe, op de Imbosch achter Loenen en Eerbeek veranderen Schotse hooglanders het aanzien van een stuk dennenbos.

Boven: Poolse paarden, koniks, grazen in het natuurreservaat 'de Oostvaardersplassen' in Zuidelijk Flevoland.



derland gefokte Texelse schaap krijgt slechts twee nakomelingen per jaar. Bovendien zijn er veel geboorteproblemen. Er bestaan evenwel Vlaamse en Finse rassen die gemiddeld drie nakomelingen leveren en geen problemen kennen bij de geboorte. Kruisingen tussen die rassen en de Texelaar kunnen het gewenste produkt op de markt brengen.

Links: Het Amsterdamse Veld in Zuidoost Drenthe wordt begraasd door een kudde Drentse heideschappen.

Onder: Keuringen zijn belangrijk voor het ontwikkelen van gelijklopende meningen over de gewenste raseigenschappen.



Bij een extensieve beweiding ontstaan open paden, graasplekken, struwelen en ruigten met houtige soorten. Elke soort grote grazer schept zijn eigen milieus. De beheerder van een natuurgebied kan door variatie van het grazersbestand, en de dichtheid daarvan, de ontwikkeling van het gebied min of meer sturen.

In Nederland zijn de oorspronkelijke, wilde, grote grazers (eland, wisent, oeros, wild paard en edelhert, de laatste is in de vorige eeuw opnieuw uitgezet) uitgestorven. Momenteel wordt geëxperimenteerd met buitenlandse soorten of rassen zoals Heckrunderen (o.a. in de Oostvaardersplassen), Schotse hooglandrunderen (Imbosch), Koniks (Poolse paarden ingezet in de Ennemaborg bij Groningen), en IJslandse pony's (Cranendonk, in de buurt Tilburg). Tot nog toe werd nauwelijks gebruik gemaakt van inheemse zeldzame runderrassen zoals witriksen, lakenvelders en baggerbonten, maar dit staat te gebeuren.

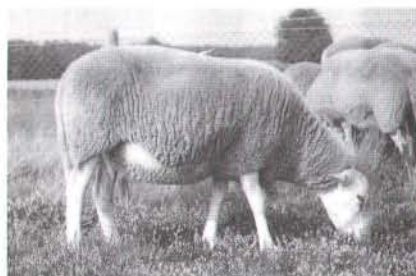
Natuurbehoud

De meeste 'natuureservaten' in Nederland en België zijn eigenlijk van oorsprong half-natuurlijk. Zij danken hun ontstaan en voortbestaan aan de mens of, beter, aan diens weidende vee. De graslanden van kwelders, duinen, uiterwaarden, krijthellingen, dijken en moerassen waren destijds zo soortenrijk omdat zij eeuwenlang continue beheerd werden door de mens ten behoeve van zijn vee. De heide, wellicht het meest bekende biotoop uit de bovenstaande serie, moet daarom actief beheerd worden. Het ligt voor de hand dit te laten gebeuren door de huisdierrassen die dat eeuwenlang gedaan hebben: de heideschappen. Daarvan zijn in Nederland nog vijf rassen over: het Drents, Veluws en Kempisch heideschaap, de Schoonebeker en Mergellander. Alle genoemde rassen zijn, evenals het biotoop waarin ze hun noodzakelijke rol vervulden, zeldzaam geworden, maar dank zij o.a. de Stichting Zeldzame Huisdierrassen en de be-

reidwilligheid van natuurterreinbeherende instanties als Staatsbosbeheer, de Vereniging tot Behoud van Natuurmonumenten en de provinciaal georganiseerde Landschappen, zijn er van elk ras weer kudden geformeerd.

Hun taak bestaat allereerst uit het selectief verwijderen van loofhoutopslag, die de heide zonder actief beheer zou doen veranderen in een eiken-berkenbos. De voor de heide karakteristieke plantesoorten blijken tot op zekere hoogte begrazingsresistent, wat wil zeggen dat ze door geur, smaak, groeivorm, wijze van beharing of anderszins minder gegeten worden dan de andere soorten. Door deze negatieve selectie kan deze groep van soorten zich uitbreiden.

Men moet niet verwachten dat heideschappen, permanent weidend in dit schrale biotoop in economisch opzicht kunnen concurreren met de huidige produktierassen op bemeste cultuurgraslanden. De vlees-, wol- en lamopbrengst is laag, tenzij het verschil in kwaliteit gewaardeerd zou worden. Een herder van heideschappen zal, net als vroeger, zijn kudde moeten kunnen weiden op produktievere gronden, zoals stoppelvelden of wegbermen, om economisch rendabel te kunnen werken. Het is dan ook begrijpelijk dat vrijwel alle kudden in aanmerking komen voor subsidie.



Rechts: Economisch gebruik is ongetwijfeld een van de manieren om het voortbestaan van oude rassen te verzekeren.

Geheel rechts: Ook bij honden onderscheidt men moderne en historische rassen. Op de foto een kooikerhondje. Het ras maakte zich vroeger nuttig bij de eendenvangst in kooien.

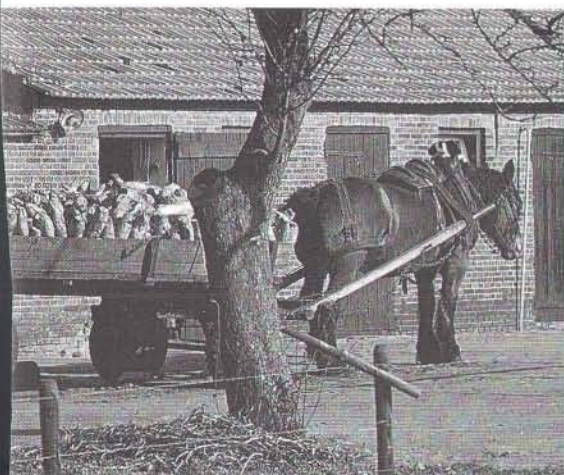
Geheel linksonder: Een imposante ram van het Drents heideschaap.

Linksonder: Het Kempisch heideschaap is onder andere te herkennen aan de weinig behaarde plekken op de buik en aan de met wol begroeide staart.



Natuurbouw

Ofschoon natuurbouw, ofwel natuurontwikkeling, en natuurbehoud in de praktijk raakvlakken met elkaar vertonen, is er een wezenlijk verschil tussen beide vormen van natuurbeheer. Bij behoud gaat men uit van reeds bestaande waarden van een natuurgebied, die bij het begin van natuurbouw ontbreken of nauwelijks ontwikkeld zijn. Gebieden die voor natuurbouw in aanmerking komen zijn bijvoorbeeld uitgestrekte, verlaten zand-, grind- en mergelgroeven, marginale landbouwgronden en droogvallende eilanden. Ook bij deze vorm van natuurbeheer kunnen zeldzame huiddierrassen assistentie verlenen, omdat zij over eigenschappen beschikken die bij huidige produktierassen ontbreken. Het Schotse hooglandrund bijvoorbeeld is dank zij een bijzonder ruige vacht bestand tegen een ruw klimaat en behoeft zelfs geen winterstalling. Bovendien stelt dit ras weinig eisen aan de kwaliteit van zijn voedsel; het dier eet zelfs de meest taaie en harde grassen met een minimum aan voedingswaarde. Omwille van de bovengenoemde eigenschappen is de hooglander enige jaren geleden geïntroduceerd in door bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), een taaie grassoort, gedomineerde naaldhoutplantages op de Veluwe. De stellige verwachting is, dat na verloop van tijd gedifferentieerde plantengroei gaat optreden in de nu monotone dennenbossen. (zie Intermezzo III).



Gevoelsargumenten

De bovengenoemde reeks argumenten, die ervoor pleiten zeldzame huisdieren te conserveren zijn duidelijk rationeel en/of praktisch. Desondanks worden door vele, meest kleine fokkersclubs zeldzame rassen om andere redenen aangehouden, bijvoorbeeld omdat "het ras zo mooi of zo apart is", "mijn vader dit ras ook al fokte", omdat "bij ons dat ras altijd al werd gefokt", of omdat "dit mijn hobby is".

Waarom zouden dit soort gevoelsargumenten, gekenmerkt door de begrippen nostalgie, streekgebondenheid en traditie, minder valide zijn dan de rationele argumenten van wetenschappers, economen of natuurbeschermers?

Vaak blijken fokkers van kleine huisdierrassen zoals kippen, duiven of honden dit soort argumenten te hanteren. Waarschijnlijk hangt dit samen met de geringere economische waarde van één fokdier, toch kunnen ook paarden- of rundveefokkers taai vasthouden aan 'hun' ras, zelfs al gaat dit ten koste van hun eigen beurs! Mogelijk hangt dit verschijnsel samen met de gevoelswaarde voor iets dat zeldzaam is en alleen al daarom waard is om behouden te blijven. Welke argumenten dan ook gehanteerd mogen worden; het staat vast dat binnen de Stichting Zeldzame Huisdierrassen alle richtingen gebundeld worden om te voorkomen dat er straks in Nederland alleen nog maar zwartbonte koeien, renpaarden, witte schapen en dito legbatterij-kippen over zijn.

Literatuur

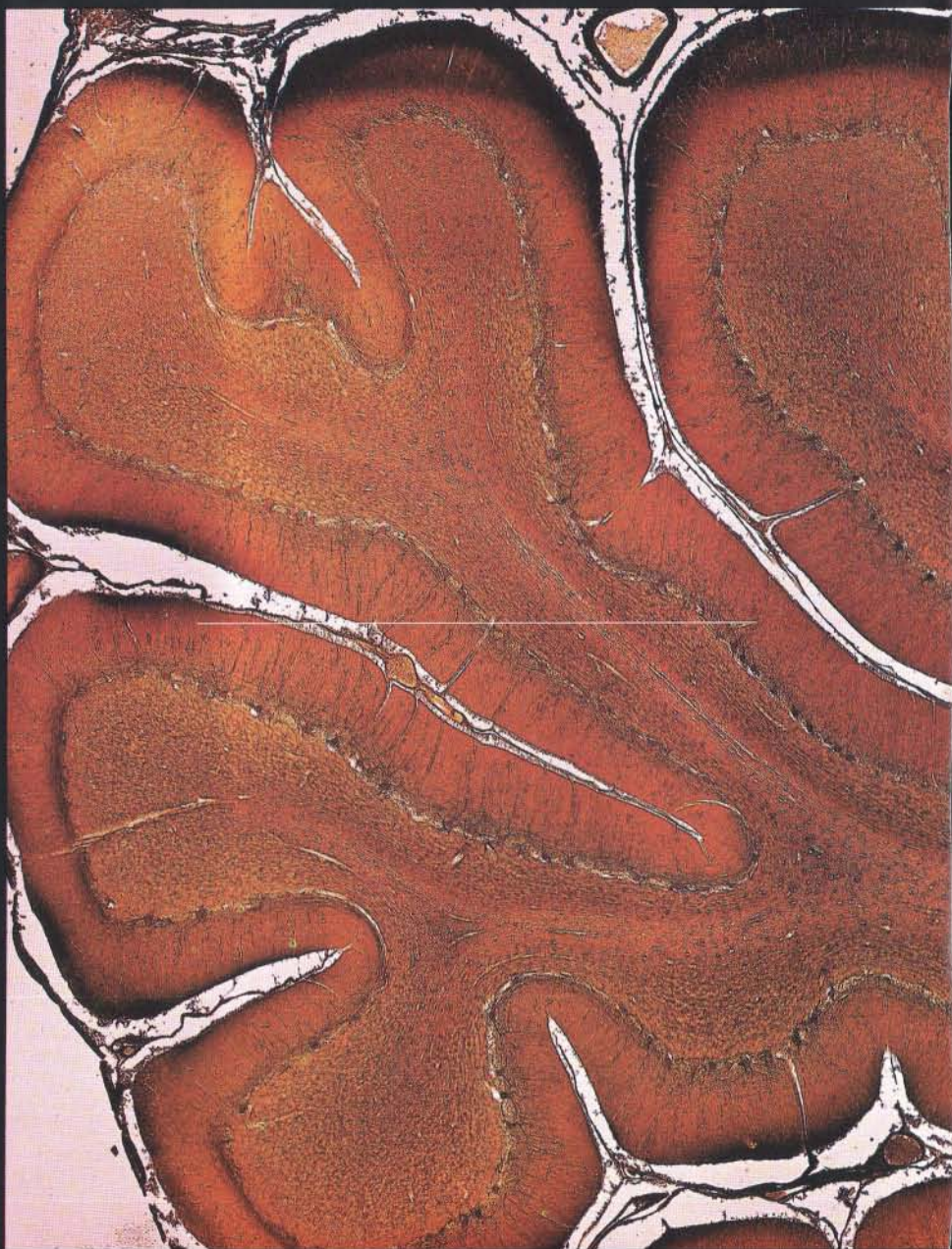
- Buth, G.J.C. (1984). *Kolonisatie en successie. Wisselende plantengroei in een natuurgebied*. Natuur en Techniek, 54, 12, pag. 962-977.
- Clason, A.T. (ed.), (1980). *Zeldzame Huisdierrassen*. Thieme Zutphen.
- De Graaff, P., en Buis, R.C. (1981). *Conservatie van zeldzame huisdierrassen*. Deel 3. Zeldzaam Huisdier 6, 2, pag. 2-4. (Dit artikel bevat de tekst van Intermezzo III)
- Hillegers, H.P.M. (1986). *Kalkgraslanden. Biotoop her-schapen*. Natuur en Techniek, 54, 4, pag. 264-275.
- Smidt, J.T. de, Berdowski, J.J.M., Brunsting, A.M.H., Heil, G.W., Zeilinga, R. (1984). *Hedendaags heide-beheer. Terug naar vroeger*. Natuur en Techniek, 52, 9, pag. 690-709.

Bronvermelding illustraties

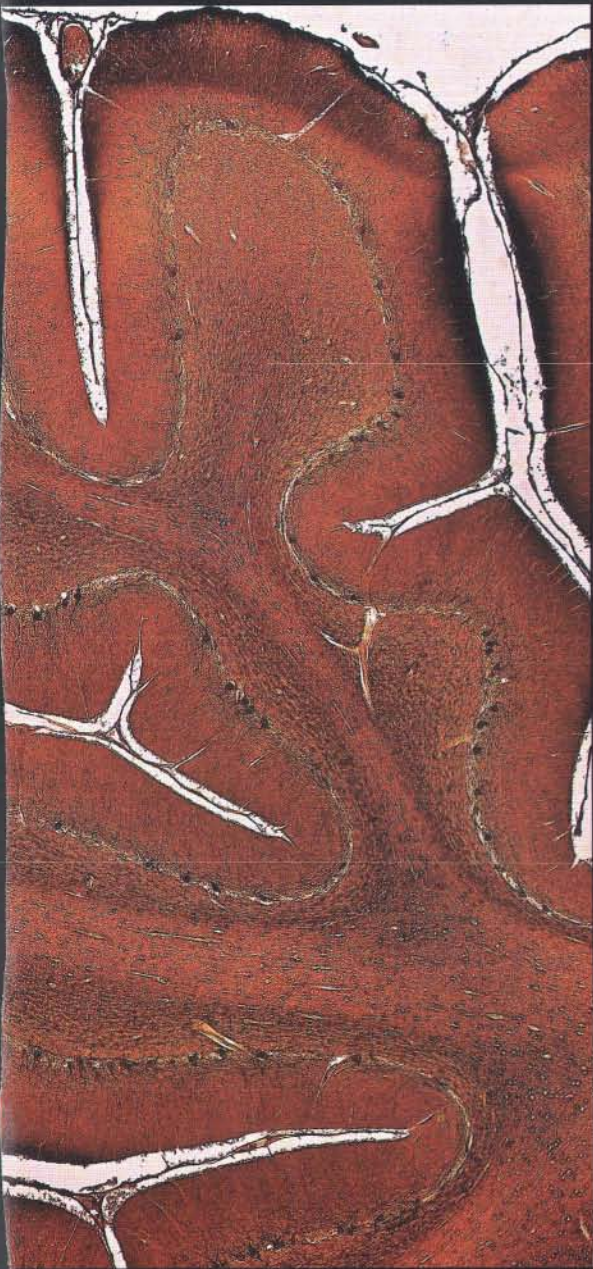
- Henk de Vries, Instituut voor Veeteeltkundig Onderzoek, pag. 582, 583, 584-585 (boven), 586-587, 589, 590 (onder). Het schilderij van Van Gink op pag. 580-581 is er één uit een grote serie die aanwezig is op het pluimveepr oefbedrijf 'Het Speulderholt' in Beekbergen.
- Dick Klees, Duiven: pag. 590-591.
- Paul Paris, Amstelveen: pag. 588-589 (boven).
- Frank Vera, Wijk bij Duurstede: pag. 584, 588 (onder).
- H.J. Haitsma, Finkum: pag. 585 (onder).

NEUROTROFISCHE FACTOREN

EURO
ARTIKEL



Hersencellen in goede banen



Geen deel van het lichaam is zo ingewikkeld als het zenuwstelsel. Een netwerk van miljoenen cellen verzorgt de snelle uitwisseling van informatie in het lichaam. Het zenuwstelsel bevat meer dan alleen zenuwcellen. Het kan alleen maar functioneren dank zij de aanwezigheid van allerlei steuncellen. Een aantal daarvan produceren zogenaamde neurotrofische factoren. Dit zijn stoffen die de groei en ontwikkeling van zenuwcellen rechtstreeks beïnvloeden. Het onderzoek van deze stoffen kan wellicht leiden tot de ontwikkeling van geneesmiddelen, waarmee tot nu toe onherstelbare beschadigingen aan het zenuwstelsel verholpen kunnen worden.

Dit fjordenlandschap is in werkelijkheid een doorsnede door de kleine hersenen. Haarfijn zijn de verschillende cellagen te onderscheiden. De neuronen zijn met hun uitlopers verbonden met andere neuronen. Neurotrofische factoren spelen een rol bij het maken van de juiste schakelingen.

Wilfried Seifert

Max-Planck-Institut für
Biophysikalische Chemie
Göttingen (BRD)

Inleiding

Door zijn ingewikkelde karakter is het zenuwstelsel een uitdaging voor de wetenschap. Om de functies van het zenuwstelsel te begrijpen, is het belangrijk te weten hoe het volwassen zenuwstelsel als optelsom van afzonderlijke zenuwcellen tot ontwikkeling komt. De ontwikkelingsneurobiologie is dan ook een belangrijk onderdeel van het hedendaagse neurobiologisch onderzoek. Daarbij gaat het om vragen als: hoe ontwikkelen zenuwcellen zich; hoe worden hun uitsteeksels, de neurieten en dendriten gevormd en hoe vinden ze de 'juiste partner' of doelwitcellen tijdens de ontwikkeling? In hoeverre kunnen beschadigde zenuwcellen regenereren en kunnen wij regeneratieve processen beïnvloeden?

Analoog aan de mens kent de afzonderlijke zenuwcel drie basisproblemen in zijn bestaan: hoe blijf ik in leven; hoe vind ik de juiste partner en wat is het uiteindelijke doel van mijn bestaan? Globaal genomen zijn de antwoorden eenvoudig. Een zenuwcel blijft in leven door dicht bij een voedingsbron, bijvoorbeeld een voedende gliacel te blijven. De juiste partner wordt gevonden door contact te maken met andere cellen en tenminste één permanente verbintenis in het leven aan te gaan. Doel van het leven van een zenuwcel is het uitwisselen van informatie.

Uiteraard geeft deze 'existentiële filosofie van het neuron' slechts een algemeen kader en geen specifieke kennis van het zenuwstelsel. Daartoe moeten wij ons op het celniveau en het moleculaire niveau begeven en dezelfde vragen op een meer specifieke wijze stellen.

Op het celniveau brengt dit ons bij de rol van de *gliacellen*, een soort zenuwcel die als 'stille' tegenhanger van de neuronen geldt. Terwijl neuronen elektrische signalen ontvangen en uitzenden (informatieverwerking), zijn de gliacellen niet direct betrokken bij deze signaaluitwisseling. Ook zijn ze van groot belang voor het zenuwstelsel: zij helpen, ondersteunen en voeden de neuronen. De laatste jaren is het duidelijk geworden dat gliacellen noodzakelijk zijn voor het overleven en functioneren van de neuronen (zie Intermezzo).

Een niveau lager, op het moleculaire niveau, is de vraag welke molekulen betrokken zijn bij de interactie van gliacellen en neuronen. Het antwoord luidt: *neurotrofische facto-*

ren. De afgelopen jaren is het duidelijk geworden dat gliacellen, en dan vooral één bepaald type: de astrocyten, molekulen afscheiden die trofische (voedende) effecten hebben op de zenuwcellen. Zij helpen de neuronen te overleven en hun uitsteeksels tijdens hun ontwikkeling uit te breiden.

De rol van de astrocyten in de productie van neurotrofische factoren en hun functie in het *centrale* zenuwstelsel (hersenen en ruggemerg) is een nogal nieuw onderzoeksterrein. Toch werd al in 1953 in het *perifere* zenuwstelsel de zenuwgroeifactor (ZGF) ontdekt door Rita Levi-Montalcini en Victor Hamburger. ZGF is een eiwit dat sensorische en sympatische neuronen van het perifere zenuwstelsel in stand helpt houden en de uitsteeksels stimuleert. In vele opzichten staat ZGF model voor andere groei- of neurotrofische factoren.

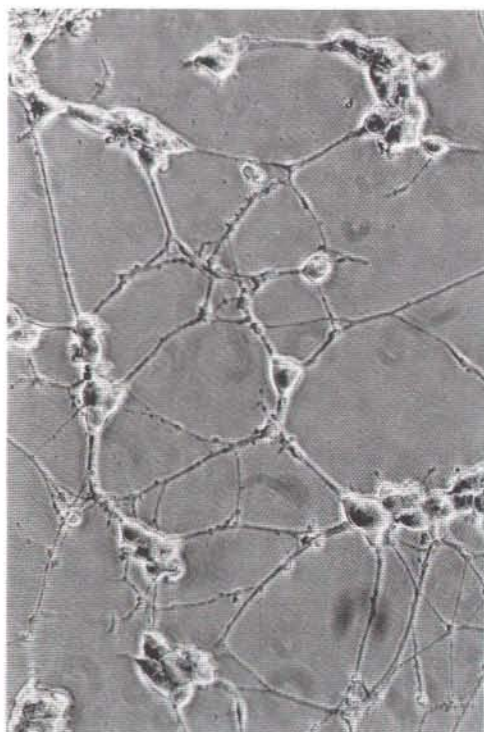
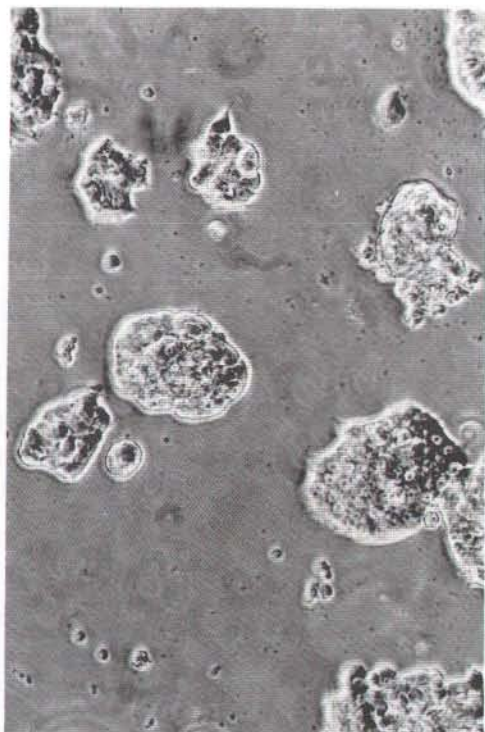
Rechts: Twee opnamen van een cultuur van zenuwcellen tonen het effect van ZGF. Op de linkerfoto groeien ze als ongedifferentieerde klompen in het medium. Aan de cellen werd vervolgens ZGF toegevoegd en na een paar dagen ontstaan allerlei uitlopers en is de differentiatie op gang gekomen.

Het zenuwstelsel

Het zenuwstelsel kan men beschouwen als een gecompliceerd schakelsysteem, waarin voortdurend informatie binnenstroomt vanuit de zintuigen en van waaruit, bewust of onbewust, opdrachten worden uitgezonden naar bepaalde spieren of klieren. Dit schakelsysteem bestaat uit miljoenen zenuwcellen of neuronen. Een zenuwcel heeft van en naar het cellichaam dunne, soms zeer lange uitlopers, de neurieten of axonen. De informatie wordt via deze vezels voortgeleid en kan via contactplaatjes of synapsen worden overgedragen op andere zenuwcellen.

In het centraal zenuwstelsel (CZS) bevinden zich talrijke schakelstations, waar de neuronen onderling contact maken. De schakelstations kunnen vrij diffuus zijn of als bundeling van cellichamen met daarop de vele duizenden contactplaatjes van andere neu-

INTERMEZZO



ronen, duidelijk anatomisch aanwijsbaar. Bij zo'n bundeling van cellichamen spreekt men wel van zenuwknoop of ganglion.

Talrijke vezels lopen van en naar deze schakelstations en de verbindingen zijn zeer complex, iets wat het neurologisch onderzoek aanzienlijk bemoeilijkt. In de hersenen zijn diverse ganglia aan te wijzen. Indien een ganglion, door welke oorzaak dan ook, ont-aardt in een woekering van cellen, heet dit een neuroblastoom. Om praktische redenen is veel onderzoek gedaan aan neuroblastomen bij zoogdieren als ratten, katten, honden en apen.

Drs. C. Zitman
Eindredactrice Bulletin
voor het Onderwijs in de Biologie

De groei van zenuwen

Voor een bespreking van zenuwgroeifactoren of neurotrofische factoren moeten we eerst vaststellen wat wij onder deze termen verstaan. De term *groeifactor* wordt gewoonlijk gebruikt voor die stoffen die het aantal cellen en hun omvang (samen: proliferatie) doen toenemen. De zenuwgroeifactor (ZGF) is van een ander type. Zij stimuleert de proliferatie van zenuwcellen niet, maar wel de *differentiatie*. Daaronder valt de morfologische differentiatie (uitgroei van zenuwvezels) én de biochemische differentiatie (stimulatie van bepaalde enzym-activiteiten). Het gebruik van het woord groeifactor is hier dus enigszins misleidend, maar om historische redenen wordt deze term nog steeds gebruikt. Tegenwoordig worden dergelijke differentiatiefactoren vaak *neurotrofische factoren* genoemd.

Zoals reeds werd opgemerkt is ZGF actief in bepaalde zenuwcellen uit het perifere zenuwstelsel. De gebruikelijke test waarmee de aanwezigheid van ZGF aangetoond wordt, is op-



wekken van de groei van zenuwvezels uit zenuwknoten in de rug van kippen of ratten (dorsale ganglia).

Onder invloed van de zenuwgroeifactor ontstaat een dichte ring van zenuwvezels rond de zenuwknoop. Als men de afzonderlijke cellen van deze ganglia in een celcultuur observeert, kan men nog een belangrijke eigenschap van ZGF vaststellen: deze factor stimuleert niet alleen het uitgroeien van zenuwvezels, maar hij is ook van belang voor de overleving van deze neuronen in de cultuur. Neurotrofische factoren hebben een 'overlevingseffect' en een 'uitgroeieffect'. Daarom hebben zenuwcellen misschien niet alleen neurotrofische factoren nodig voor hun ontwikkeling in een vroeg stadium, maar mogelijk ook later, wanneer zij volgroeid zijn, voor hun overleving of onderhoud. Het is niet precies bekend in hoeverre het al of niet aanwezig zijn van neurotrofische factoren bijvoorbeeld verantwoordelijk is voor de natuurlijke dood van zenuwcellen of voor degeneratieve processen in het zenuwstelsel.

Uit onderzoek naar ZGF blijkt dat de doelwitcellen de neurotrofische factor produceren die vervolgens door de zenuwcel wordt opgenomen. Hoewel veel van het onderzoek op dit gebied wordt uitgevoerd met behulp van celculturen in reageerbuizen, werd het fysiologisch belang van ZGF voor de ontwikkeling van het sympathische zenuwstelsel duidelijk vastgesteld door een antistof in het embryo van een kip te spuiten. Deze antistof blokkeerde daar ZGF als gevolg waarvan de sympathische neuronen zich niet op de normale wijze konden ontwikkelen.

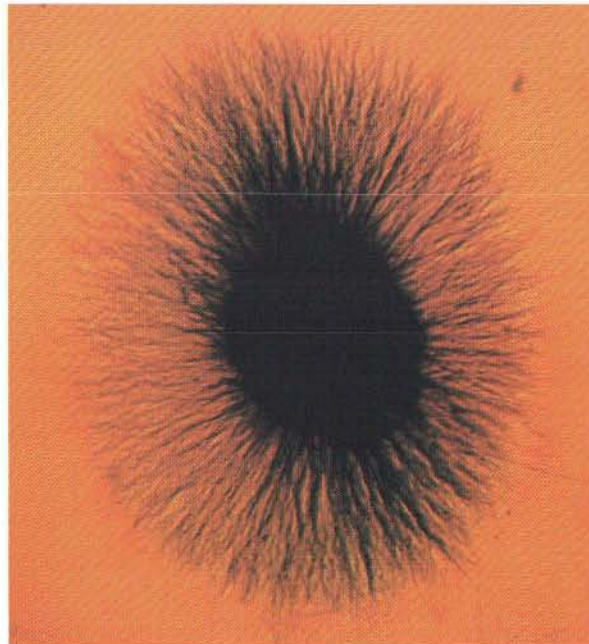
Naast de twee genoemde effecten van neurotrofische factoren vertonen zij ook een *tropisch effect*. Dat wil zeggen dat de factor, geproduceerd door de doelwitcel, wellicht de uitgroeiende vezel in de richting van de doelwitcel trekt. Men heeft dit effect bestudeerd in een celcultuur in een reageerbuis. Het lijkt niet onwaarschijnlijk dat de punt van de zenuwvezel in de cultuur het ZGF-molekuul 'ruikt' en dat de uitgroeiende vezel langs een concentratiegradiënt naar de doelwitcel beweegt.

Dergelijke gradiënten voor de sturing van neurieten zouden ook in levende organismen kunnen voorkomen. Maar hier lijkt het waarschijnlijker dat molekulen op het celoppervlak deze sturende rol spelen.

Het feit dat ZGF, en waarschijnlijk ook andere neurotrofische factoren, slechts in zeer kleine hoeveelheden in het organisme voorkomen (concentraties van een paar nanogram per gram) maakt het uiterst moeilijk deze factoren te isoleren en te typeren. Slechts door de toevallige ontdekking dat ZGF in grote hoeveelheden in de onderkaakklier van de mannetjesmuis voorkomt, kon de factor uitgebreid onderzocht worden. Ondanks al het onderzoek zijn er nog altijd een aantal open vragen met betrekking tot het werkingsmechanisme van ZGF, de organisatie van ZGF-receptoren en de exacte functie bij de ontwikkeling van het zenuwstelsel. Maar er bestaat goede hoop dat met de nieuwe beschikbare technieken deze vragen de komende jaren zullen worden opgehelderd.

Links: De ontwikkeling van de hersenen kan worden bestudeerd aan de hand van microscopische opnamen van de hersenen van embryo's. Daaruit is af te leiden in welke volgorde de diverse structuren en verbindingen in de hersenen ontstaan.

Onder: De biotest van de aanwezigheid van ZGF geeft een overduidelijk resultaat. De donkere klont in het midden is een dorsaal ganglion. Aan alle kanten komen uitlopers te voorschijn. Was er geen ZGF geweest dan waren de uitlopers ook weggebleven.



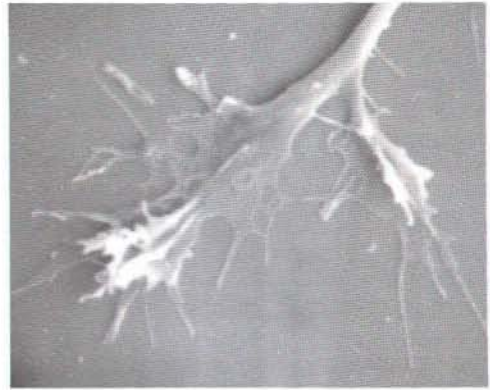
Het onderzoek

De afgelopen tien jaar werd de invloed van vele andere neurotrofische factoren op verschillende soorten zenuwcellen beschreven. Vaak werden deze trofische activiteiten aangetroffen in weefselextracten (bijvoorbeeld van het hart, spieren en/of hersenen) of in het medium van een celcultuur. In de meeste gevallen zijn deze neurotrofische activiteiten niet geïsoleerd en is hun structuur onbekend.

De zuivering van zulke minuscule hoeveelheden van een onbekend molecuul met behulp van een vaak grove biotest is nogal moeilijk. In de laatste jaren is er echter enige vooruitgang geboekt. Zo is men er in de afdeling neurochemie van het Max-Planck-Instituut voor Psychiatrie in München in geslaagd een neurotrofische factor uit hersenextracten te isoleren. Deze factor werd gezuiverd met behulp van een biotest. In dit geval werden neuronen uit dorsale ganglia van een kippe-embryo gebruikt als testsysteem. De factor uit het hersenextract heeft bijna dezelfde eigenschappen als de zenuwgroefactor, maar verschilt duidelijk van het ZGF-molecuul. Het is ook een eiwit maar met een veel lager molekulgewicht. Deze geïsoleerde factor helpt wel de sensorische neuronen in stand te houden, maar, in tegenstelling tot ZGF, niet de sympathische neuronen.

Nóg recenter is de zuivering van een zenuwgroefactor door M. Sensenbrenner en haar medewerkers in Straatsburg. Deze uit de hersenen afkomstige factor stimuleert zowel de proliferatie als het volwassen worden van gekweekte astroglia-cellen en kreeg de naam *astrogliagroefactor* (AGF).

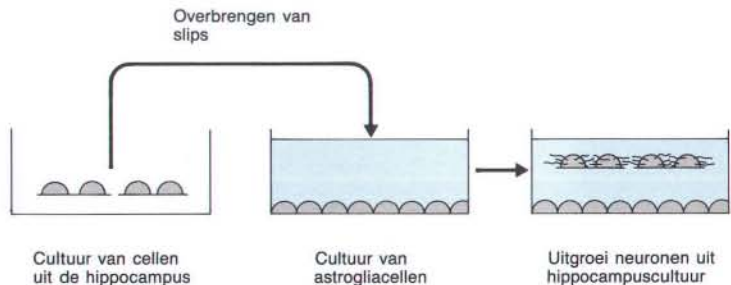
Zenuwcelculturen zijn zeer nuttig om neurotrofische factoren of groeifactoren aan te tonen daar zij een nogal eenvoudig en duidelijk omschreven testprocedure bieden, die schema-



Boven: De uiteinden van een groeiende neuriet vertonen verdikkingen, de groeikegels, van waaruit langwerpige groeipunten tevoorschijn komen.

tisch is weergegeven in fig. 1. Om praktische redenen is er veel onderzoek gedaan met de neuroblastoomcellijnen. Een cellijn is een groep cellen die volkomen identiek zijn en ontstonden door ongeslachtelijke voortplanting van één oudercel. Men spreekt ook wel van een kloon. In de praktijk gebruikte men hiervoor vaak kankercellen (neuroblastomen). Deze zenuwcellijnen hebben gemeen dat zij zich in een medium met serum alsmaar blijven vermenigvuldigen. Bij uitputting van het serum of bij enting op een serumloos medium komt de vermenigvuldiging van deze cellen tot stilstand en beginnen er uitsteeksel te groeien. Dit zou geïnterpreteerd kunnen worden als morfologische differentiatie en vele laboratoria hebben getracht de omstandigheden te bepalen of de neurotrofische factoren te vinden die dit proces stimuleren.

Rechts: Fig. 1. De zogenaamde coverslipmethode kent twee varianten. Bij de eerste worden cellen uit de hippocampus op een glaasje in een cultuur van astroglia-cellen gebracht. De cellen krijgen uitlopers, als bewijs van de aanwezigheid van een neurotrofische factor.



In de jaren zestig en zeventig hoopten vele neurobiologen hiermee een bruikbaar model te hebben voor het onderzoek van processen die in het dier (*in vivo*) of in celculturen (*in vitro*) van 'echte neuronen' (primaire culturen), veel moeilijker te bestuderen zijn. Tegenwoordig zijn de meeste onderzoekers het erover eens dat de neuroblastoomkweek van nogal beperkte waarde was en soms zelfs misleidend. Het gaat immers om tumorcellen met groeieigenschappen die afwijken van die van een normale zenuwcel. Met uitzondering van één specifieke cellijn die gevoelig is voor ZGF blijkt geen enkele cellijn geschikt te zijn voor het onderzoek naar neurotrofische factoren.

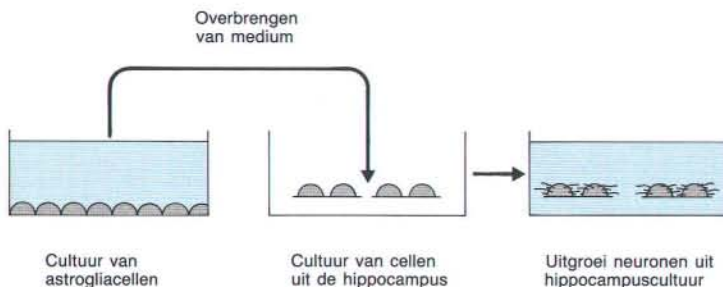
Primaire zenuwcelculturen (culturen van gezonde zenuwcellen) zijn gewoonlijk niet homogeen, maar bevatten alle celtypen uit het zenuwweefsel waarvan het preparaat is gemaakt. Dit geldt vooral voor de uit het centrale zenuwstelsel (CZS) afgeleide culturen die diverse verschillende typen neuronen, gliacellen of andere niet-neuronale cellen bevatten zoals fibroblasten of endotheelcellen. Om deze reden zijn primaire CZS-culturen gewoonlijk nogal heterogeen en zijn de resultaten vaak moeilijker te interpreteren. Een bijkomende moeilijkheid is de afwezigheid van een geschikte neurotrofische factor die zou kunnen zorgen voor de selectieve overleving van de neuronen. Omdat ZGF het onderzoek van celculturen uit het perifere zenuwstelsel enorm gestimuleerd heeft, was het een uitdaging om een duidelijk omschreven celcultuur van neuronen uit het centrale zenuwstelsel te ontwikkelen. Een aantal jaren geleden zijn wij erin geslaagd een dergelijke primaire cultuur in ons laboratorium te kweken. Deze is zeer nuttig gebleken bij ons onderzoek naar neurotrofische signalen in het CZS en voor de studie van de ontwikkeling en synapsvorming van centrale neuronen.

Groefactoren in het centrale zenuwstelsel

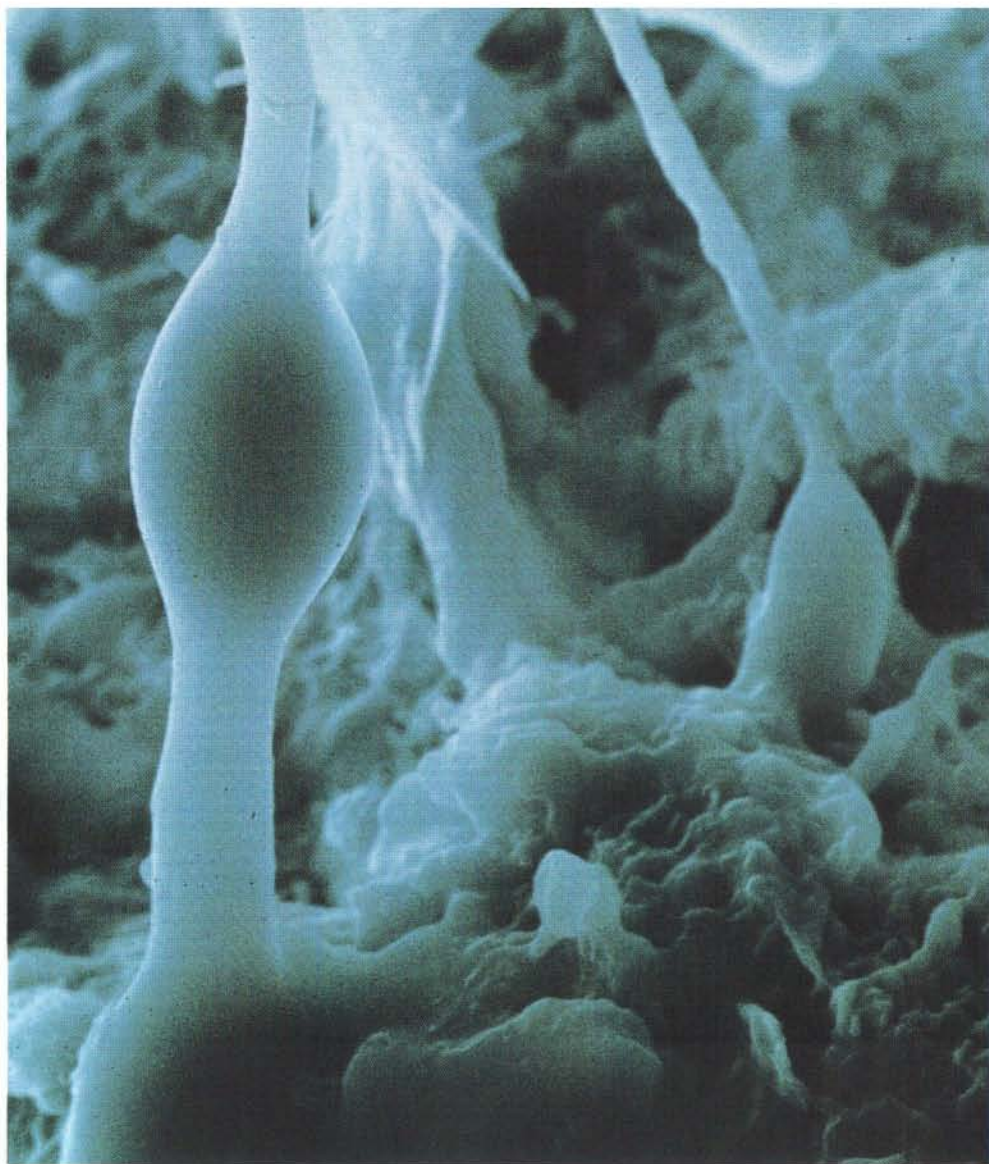
Het centrale zenuwstelsel is het meest ingewikkelde, in hogere dieren voorkomende 'orgaan'. Sterker nog, we overdrijven niet als we stellen dat het het meest ingewikkelde systeem in het hele universum is. Onze hersenen bevatten ongeveer 10^{10} neuronen (twee à drie maal zoveel cellen als er mensen op Aarde wonen). Ieder neuron maakt ongeveer 1000 tot 10000 contacten (synapsen) met de andere neuronen. Een dergelijk systeem is niet in zijn volle omvang te onderzoeken. Daarom hebben we voor ons onderzoek een deel van de hersenschors uitgekozen dat relatief eenvoudig van structuur is en slechts uit een zeer klein aantal types zenuwcellen bestaat: de *hippocampus*. Een ander voordeel van de hippocampus is dat van de drie belangrijkste types zenuwcellen in deze structuur één type (de korrelige neuronen) bij de rat zeer laat tot ontwikkeling komt, namelijk pas na de geboorte. Als men dus de hippocampus van 18 tot 19 dagen oude ratte-embryo's neemt, zijn de voornaamste celtypen in de cultuur pyramidecellen en een kleiner percentage korfcellen.

De pyramidecel is het belangrijkste type zenuwcel in de hersenschors van zoogdieren. In onze celcultuur van de hippocampus is het mogelijk de invloed van neurotrofische factoren, van hormonen of van signalen van andere cellen op de ontwikkeling en functie van de pyramidecellen te onderzoeken (zie fig. 2). We hebben met behulp van elektronenmicroscopie en elektrofysiologische studies aangetoond dat de neuronen in deze celcultuur op dezelfde wijze functionele synapsen vormen als bij de normale ontwikkeling in de hersenen.

De grote Spaanse neuro-anatoom Ramon y Cajal bracht in zijn werk 'Degeneration and Regeneration of the Nervous System' (1928)



Links: Fig. 2. Bij de tweede variant van de coverslopmethode wordt het medium van de astroglia cellkweek aan hippocampuscellen toegevoegd. Ook nu krijgen deze laatste uitlopers. De neurotrofische factoren zaten blijkbaar opgelost in het toegevoegde medium.



reeds het idee naar voren dat niet-neuronale cellen een belangrijke rol zouden kunnen spelen bij de voeding van neuronen. Enige jaren geleden bleek in een aantal laboratoria dat gliacellen noodzakelijk waren voor de overleving van neuronen in een celcultuur. Met onze cultuur van pyramidecellen toonden we eerst aan dat een direct contact tussen gliacellen en neuronen niet noodzakelijk is voor het trofi-

sche effect. Dit werd eenvoudigweg gedaan door de neuronen op een dekglasje te plaatsen en vervolgens het geheel op een ééncellige laag van astrocyten in een cultuurbakje (zie fig. 1). De astrocyten moeten dus een oplosbare stof produceren die wordt afgescheiden in het medium en die vervolgens door diffusie de neuronen bereikt. Men kan ook het medium van de astrocytencultuur nemen en op het dek-

glaasje met neuronen deponeren (fig. 2). Het resultaat is hetzelfde: de neuronen overleven, terwijl ze anders na een aantal uren in een kweek zouden afsterven. Met behulp van een scanning electronmicroscop kan men een drie-dimensionaal beeld van de cellen en hun uitsteeksels krijgen. Op pagina 603 is een dergelijke opname van gedifferentieerde zenuwcellen uit onze cultuur van de hippocampus opgenomen.

Vervolgens hebben we een kwantitatieve biotest voor de overleving en de neurieten van uitgroei van deze neuronen uit de hippocampus ontwikkeld. Met deze biotest toonden wij aan dat de door astrocyten geproduceerde neurotrofische factor specifiek is voor neuronen uit het CZS en een nogal klein molekulgewicht heeft. Het is een ook bij hogere temperaturen stabiel molecuul en verschilt van ZGF en iedere andere in de literatuur beschreven neurotrofische factor.

Links: Gliacellen komen in de hersenen in grotere aantallen voor dan de eigenlijke neuronen. Op deze elektronenmicroscopische opname zijn ze te zien als de ovale cellen met uitlopers. Behalve een voedende functie hebben ze ook een steunfunctie.

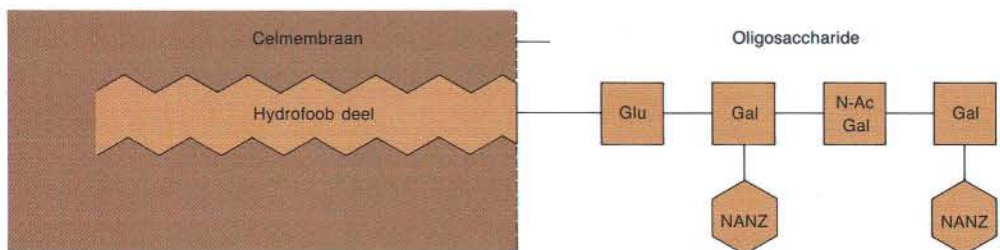
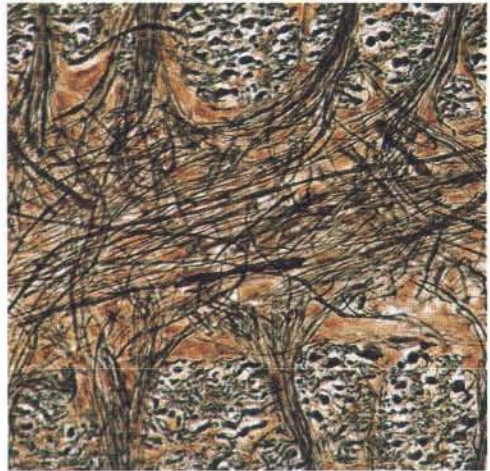
Rechts: Dit is geen wir-war van draden aan de achterkant van een computer, maar een wir-war van axonen in de herfenstam. Net als bij de computer verzorgt elke 'draad' één welbepaalde verbinding.

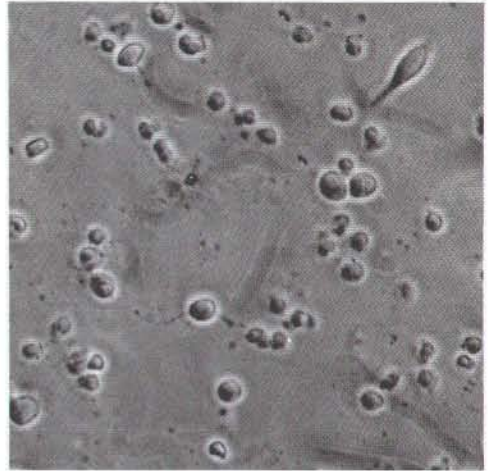
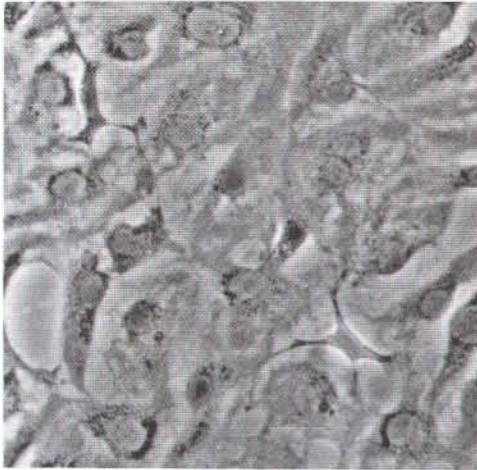
Onder: Fig. 3. Gangliosidemolekulen bestaan uit een hydrofiel deel met suikers en twee zuren, en een hydrofoob deel met lange vetzuurketens. Dit laatste deel steekt in de celmembran.

Gangliosiden

De tot nu toe beschreven neurotrofische factoren bleken steeds eiwitten te zijn. In de afgelopen jaren echter bleek ook een groep lipiden, de *gangliosiden*, een opmerkelijke neurotrofische activiteit te vertonen. Omdat gangliosiden misschien ook op klinisch niveau belangrijk worden, is een korte bespreking ervan op zijn plaats.

Gangliosiden komen in bijzonder hoge concentraties voor in de celmembran van zenuwcellen. Een deel van het molecuul bestaat uit twee lange vetzuurketens; het is apolair en hydrofoob (waterafstotend). Het andere deel is een oligosaccharide (suiker) en is polair en hydrofiel (wateraantrekkend). Met het hydrofobe deel is het ganglioside-molecuul verankerd in de lipiden van de celmembran, terwijl het hydrofiel deel uit het membraanoppervlak omhoog steekt en kan worden herkend





door andere molekulen. Een bijzonder kenmerk van de gangliosiden is dat ze verschillende hoeveelheden zuurresten bevatten van N-acetyl-neuroaminezuur, NANZ. Zowel variaties van het suikerdeel als van de vetzuurketens maken dat er veel verschillende gangliosiden bestaan. In het zenuwstelsel komen gewoonlijk ongeveer tien verschillende types voor. Hun algemene structuur staat afgebeeld in figuur 3.

Een aantal jaren geleden raakten we geïnteresseerd in gangliosiden toen we in ons laboratorium vaststelden dat hersenextracten die deze stof bevatten, neurotrofische activiteit vertonen. Toevoeging van zuivere gangliosidenmengsels had een verrassend effect op onze zenuwcelcultuur: de cellen veranderden van vorm en ontwikkelden vele uitsteeksels terwijl tegelijkertijd hun levensduur in een serumvrij medium enorm toenam.

Hoe ze precies werken is ons onduidelijk. Uit recent onderzoek blijkt dat gangliosiden gedragsafwijkingen verminderen en structureel herstel na hersenletsel verbeteren. Klinisch onderzoek heeft uitgewezen dat ze een positieve invloed op diabetische zenuwaandoeningen kunnen hebben. Ons eigen onderzoek is er voornamelijk op gericht om te bepalen welke gangliosiden een rol spelen bij de overleving of uitgroei van pyramidecellen in de celcultuur van de hippocampus. Daarnaast testen we dergelijke neurotrofische invloeden in de hippocampus tijdens de regeneratie na letsel.

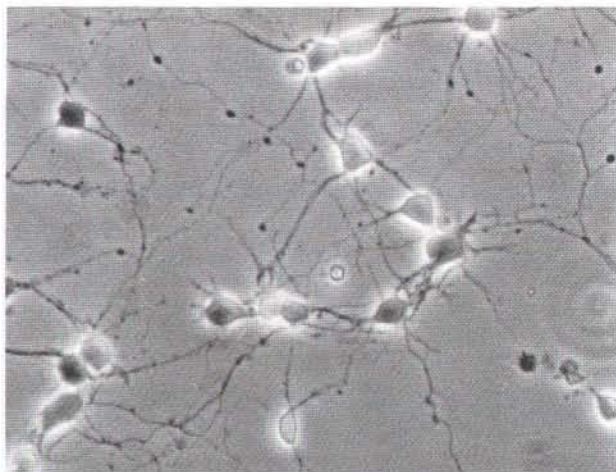
Conclusies

Welke algemene conclusies kunnen we uit dit onderzoek trekken en wat zijn mogelijke toepassingen voor de mens? Zoals altijd bij fundamenteel onderzoek was de primaire drijfveer voor onderzoek naar neurotrofische factoren de wens om aan de ontwikkeling van het zenuwstelsel ten grondslag liggende processen beter te begrijpen. Maar deze wetenschappelijke nieuwsgierigheid leidt uiteindelijk vaak tot kennis die nieuwe perspectieven opent voor medische toepassingen. Een drietal toepassingen is denkbaar. In de eerste plaats kan men denken aan het herstel van letsels van het zenuwstelsel. In de Verenigde Staten alleen al doen zich jaarlijks 400 000 gevallen van ernstig hoofdletsel voor en ongeveer 10 000 gevallen van ruggemergletsel. Daarnaast zijn er de degeneratieve ziektes van het zenuwstelsel.

Er bestaat een hele reeks tot nu toe ongeënselijke neurologische ziektes die het gevolg zijn van degeneratieve processen in het zenuwstelsel. Soms, zoals bij de ziekte van Alzheimer, die dementie veroorzaakt, degenereren een specifiek type zenuwcellen. Als we de juiste neurotrofische factor voor precies deze neuronen zouden kennen, zouden we de ziekte van Alzheimer kunnen genezen.

Een laatste toepassing ligt op het gebied van het ouder worden, een natuurlijk levensproces. Hoewel er grote individuele verschillen bestaan in de snelheid van het ouder worden

Deze opnamen van slips met cellen zijn gemaakt met een fasecontrastmicroscoop. Geheel links een slip astroglia-cellen. Deze zijn op een slip groot en plat en tonen weinig contrast. Links ongedifferentieerde cellen uit de hippocampus van een ratte-embryo. Rechts dezelfde cellen nadat ze drie dagen geïncubeerd waren in het medium van de astroglia-cel-kweek.



en zowel genetische en omgevingsfactoren als de persoonlijke levensstijl bijdragen aan dit proces, is het misschien mogelijk het verouderingsproces van het zenuwstelsel te vertragen.

De laatste jaren is men anders gaan aankijken tegen de mogelijke *regeneratie* in het centrale zenuwstelsel. Cajal stelde in 1928 reeds vast dat er bepaalde impulsen noodzakelijk zijn voor de groei en geleiding van neurieten bij herstelprocessen in het CZS, maar dat deze bij volwassenen blijkbaar verloren gaan. Alleen in een vroeg ontwikkelingsstadium geven deze impulsen of trofische factoren vorm aan het zich ontwikkelende zenuwstelsel. Het interessante is echter dat bij ongewervelde dieren het zenuwstelsel ook in volwassen toestand kan regenereren en dat bij zoogdieren doorgesneden zenuwen van het perifere zenuwstelsel weer aaneen kunnen groeien. Alleen bij zoogdieren schijnt het CZS niet te kunnen regenereren. Derhalve stelde Cajal: "...bij een volwassen zenuwstelsel zijn de zenuwbanen irreversibel vastgelegd. Alles kan afsterven, maar niets kan geregenereerd worden. Het is aan de wetenschap van de toekomst hierin zo mogelijk verandering te brengen".

Welnu, de tijd van de wetenschap van de toekomst is aangebroken en de verandering begint te komen! Een voorbeeld hiervan is het werk van Aguayo in Montreal. Zij transplanterden cellen uit het perifere zenuwstelsel naar diverse plaatsen in het centrale zenuwstelsel (ruggemerg, hersenstam, hersenschors).

Het resultaat was dat volwassen neuronen verder gingen uitlopen. Dit toont aan dat volwassen neuronen uit het CZS nog altijd de capaciteit hebben om te regenereren als zij maar de juiste signalen uit de omgeving ontvangen.

Er is zeker nog veel werk te doen voordat we centrale neuronen en hun zenuwvezels na hersenletsel kunnen laten regenereren, degeneratieve ziektes van het zenuwstelsel kunnen genezen en misschien het verouderingsproces van zenuwcellen kunnen vertragen. Maar het onderzoek op het gebied van neurotrofische factoren en zenuwgroefactoren is zeer veelbelovend. Er zullen meer neurotrofische factoren in de nabije toekomst worden geïsoleerd en hun fysiologische rol en werkingsmechanisme zal beter begrepen worden. Tenslotte laat het voorbeeld van de gangliosiden en hun neurotrofisch vermogen zien dat verrassingen soms uit een heel ander onderzoeksgebied komen en nieuwe impulsen kunnen geven aan het oplossen van oude problemen.

Bronvermelding illustraties

Manfred Kage / bild der wissenschaft: pag. 592-593, 601.
Dan McCoy / Black Star, Transworld Features Holland BV: pag. 596.

CRS Laboratorium voor Celbiologie, Rome: pag. 597.
Stephen Rothman, Washington University, St. Louis, Mo: pag. 598.

Lennard Nilsson, uit: Ontdek de mens, uitgeverij Ploegsma, Amsterdam: pag. 600.

Alle overige illustraties komen van de auteur.



H.B. Smits
Kinderdijk

PLANK ZEILEN

Techniek van een tijdverdrijf

De opkomst van een totaal nieuwe sport is een niet alledaagse gebeurtenis. Het plankzeilen vormt zo'n uitzondering. Nauwelijks twintig jaar na de 'uitvinding' kreeg deze nieuwe tak van de zeilsport definitief status toen het plankzeilen op het programma van de Olympische Spelen kwam te staan.

In Nederland zijn inmiddels meer dan 200.000 zeilplanken verkocht. Op warme dagen is het dringen op de wallekanten van de favoriete zeilwaters.

In dit artikel komen de technische ontwikkelingen binnen deze jonge sport aan de orde.

In de tweede helft van de jaren zestig is de zeilplank in California door Jim Drake uitgevonden. Hij wilde de plankjes die gebruikt worden om de golven af te rijden bij het brandingsurfen beter gebruiken. Daarnaast wilde hij af van het moeizaam door de branding peddelen voor de volgende golfrit. Dit hoopte hij te bereiken door een zeiltje aan de plank te bevestigen. Wanneer men bedenkt hoe wankel een golfplank is en hoe lastig het is om een zeil van 6 m² vast te houden, kan men zich indenken dat er tussen het idee en de realisatie nog een groot verschil was. Samen met Hoyle Schweizer ontwikkelde James Drake de eerste prototypes met namen als de Big Red en de Barn Door. Dit heeft tot de eerste produktieplank, de Windsurfer geleid.

De twee waren wel zo slim hun idee te octrooieren. Figuur 1 laat de oorspronkelijke octrooitekening zien. Het octrooi is vooral gericht op het zeil en de verbinding ervan met een surfplank, skateboard of ijsplank. De verhoging van de gebruikswaarde van een aantal vrije-tijdsapparaten was duidelijk het doel van Schweizer en Drake. Hun ontwerp was volledig in de geest van het California in de tamelijk zorgeloze tijd vlak voor 1968. In Duitsland heeft Hoyle Schweizer, die Drake uitkocht, tot op de dag van vandaag profijt van het octrooi.

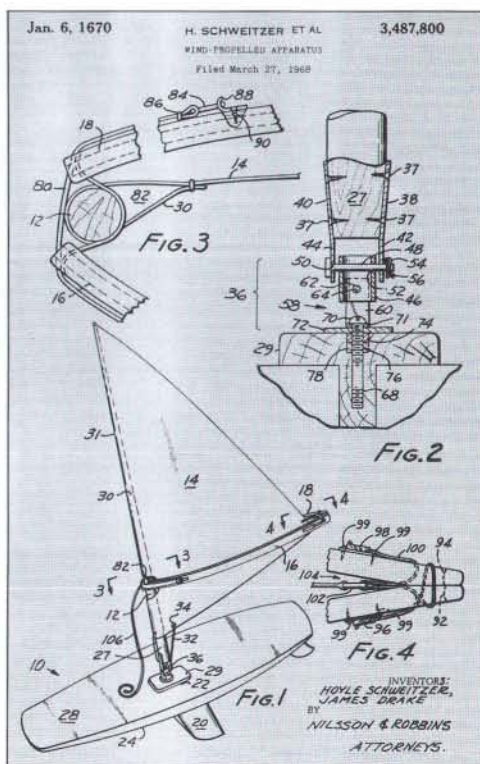
De verspreiding

De snelle ontwikkeling van deze sport heeft zich het eerst voorgedaan in Europa. De introductie en later ook de produktie van de Windsurfer, door de Almelose textiel fabriek Ten Cate, heeft deze ontwikkeling ingeleid. In 1973, het eerste jaar dat de Windsurfer in Nederland geproduceerd werd, verkocht Ten Cate er al 1250. Sindsdien is de produktie van zeilplanken sterk toegenomen en daarmee ook het aantal producenten. Momenteel zijn er vele tientallen zeilplankmerken. Naar schatting hebben meer dan 500.000 Nederlanders al eens op een zeilplank gestaan. Door zijn 'waterige' geografie neemt Nederland een uitzonderlijke positie in. Op Frankrijk na is Nederland absoluut gezien het land in de wereld met de meeste plankzeilers.

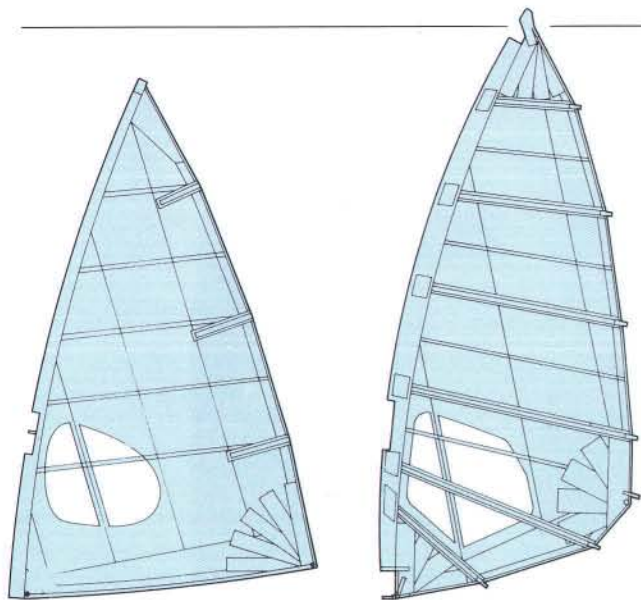
In België is de plankzeilerij door het vrijwel ontbreken van grote binnenwaters veel minder ontwikkeld dan in Nederland.

Opvallend is het grote aantal dagjesmensen dat de plank op een weekend naar het binnenwater meeneemt. Op sommige plaatsen heeft dit geleid tot een veranderd recreatiepatroon. Nadat bijvoorbeeld jarenlang aan de stranden langs de IJsselmeerpolders vrijwel geen dagrecreatie plaatsvond is deze door de zeilplank weer volledig, misschien zelfs verhevigd, teruggekeerd. Zo gaat het op meer plaatsen. Naast de sociale revolutie heeft de techniek in de laatste vijftien jaar niet stilgestaan.

In de periode sinds de uitvinding van de zeilplank hebben op het gebied van kunststoffen grote ontwikkelingen plaatsgevonden. Deze ontwikkeling heeft het mogelijk gemaakt betere, lichtere materialen toe te passen. Dit heeft de noodzakelijke hydrodynamische en aerodynamische verbeteringen van het oorspronkelijke ontwerp mogelijk gemaakt.



Boven: Fig. 1. De oorspronkelijke tekening bij het patent van Hoyle & Schweizer besteedt vooral aandacht aan het bevestigen van het zeil aan mast en giek en van de mast aan de plank.



Links: Fig. 2. De zeilvormen zijn in 15 jaar snel ontwikkeld tot aerodynamisch gunstige vormen. In 1970 werd volstaan met een driehoekig zeil dat in grote trekken gelijk is aan het links afgebeelde zeil dat voldoet aan de strenge eisen voor het zeilen van de Olympische baan. De moderne zeilen zijn slanker gebouwd, terwijl kunststof latten in het zeil de vorm beïnvloeden.

De hydrodynamica

De eerste veranderingen aan het oorspronkelijke ontwerp waren vooral op de plank gericht. Een voorbeeld hiervan was de plank van het merk Windglider die slanker dan de Windsurfer was en ook behoorlijk sneller. De Windglider was in 1984, niet na een bittere merkenstrijd, de Olympische klasse. Momenteel zijn er zoveel verschillende merken en typen zeilplanken dat het zinvol is een viertal hoofdgroepen te onderscheiden, die ik hierna achtereenvolgens behandel. De vier categorieën zijn: de open-klasseplank; de familieplank; de brandingplank en de snelheidsplank.

De open-klasseplank

Deze zeilplank is speciaal ontworpen om de zogenaamde Olympische baan te zeilen. Dit wedstrijdtype vereist veel aan de wind zeilen, waarbij de wind schuin van voren invalt. Dit betekent dat door de grote dwarskracht van het zeil, een groot midzwaard nodig is (zie Intermezzo II). De vaarsnelheid is bij aan de wind zeilen vrij laag, daardoor kenmerken de open-klassewedstrijden zich dan ook. Om bij lage snelheden de weerstand, die door de grootte van het wrijvingsoppervlak bepaald wordt, zo gering mogelijk te maken beperkt men het natte oppervlak. De bodemvorm van deze planken is vrijwel cirkelcilindrisch, om-

dat cirkelcilinders de kleinste volume- en oppervlakverhouding hebben. De planken worden ook wel rondbodems genoemd.

De familieplank

Deze plank wijkt qua vorm niet bijzonder af van de oorspronkelijke Windsurfer. Door de vrij grote breedte, het grote volume en het diep stekende zwaard is het eenvoudig om op deze planken de sport te leren. Over het algemeen zijn ze zeer robuust uitgevoerd, zodat ze ook bij minder zorgvuldig gebruik lang meegaan. De familieplank wordt ook gebruikt voor het zogenaamde free-style surfen. Hierbij maakt de plankzeiler met zijn plank de meest gecompliceerde capriolen. Velen zullen wel eens gezien hebben dat de zeilplank op zijn kant gezield wordt. Voor de echte cracks is dit nog te simpel. Zij zeilen de plank op de kant, achteruit, staand aan de verkeerde kant van het zeil. Duidelijk mag zijn dat hiervoor een meer dan gemiddeld evenwichtsgevoel nodig is.

De brandingplank

Het meest spectaculaire onderdeel van de plankzeilsport is ongetwijfeld het zeilen in de branding. De brandingplanken waarmee hoge sprongen en snelle wendingen worden gemaakt zijn ongeveer 2,7 m lang en ongeveer 0,6 m breed. De feitelijke vorm van de plank wordt echter sterk door de eigen voorkeur van de zei-

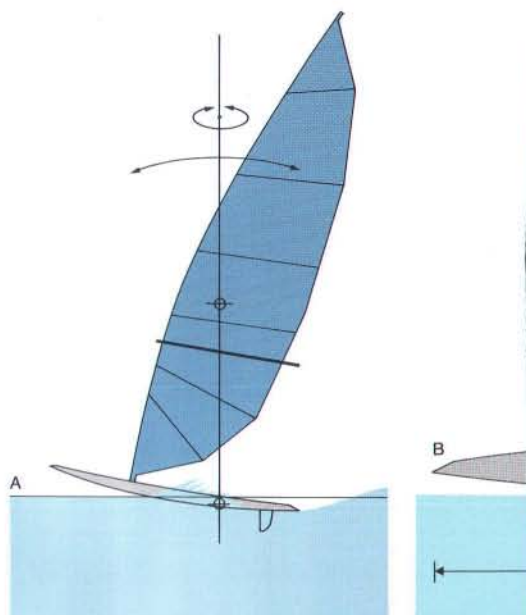
Het sturen

Er worden drie stuurkrachten onderscheiden.

- a) De traditionele besturing door de verschuiving van het zeilpunt ten opzichte van het lateraalpunt. Figuur I-1a.
- b) De kromming van de bodem in langsrichting, die ervoor zorgt dat de plank een bocht maakt wanneer deze gekanteld wordt. Figuur I-1b.
- c) De liftkracht van de planerende zeilplank. Deze liftkracht werkt voor een gedeelte in de centripetale richting wanneer de plank gekanteld wordt. Figuur I-1c.

Door de hoek tussen het water en de bodem van de zeilplank wordt de plank door de druk van het water bij hoge snelheden uit het water getild. De optredende kracht wordt de liftkracht genoemd. Wanneer deze kracht zo groot is dat het vaartuig als het ware uit het water wordt getild heet het schip te planeren.

Voor de liftkracht is de grootste stuurkracht bij snel varende zeilplanken. Ze wordt ook wel onder de noemer voetensturing geschaard. Bij lage snelheden is de zeilsturing (A) de belangrijkste.



Boven: Het uitdokteren van de juiste invormen en -opstelling wordt specialistisch werk. Hier een antiventilatievin en twee footvinnen in een zogenaamde thrusteropstelling.



Links: Fig. 1-1a. Een zeilplank kan bestuurd worden op een manier die bij zeilboten niet makkelijk te doen is: door het bewegen van de mast.

Onder: Fig. 1-1b. De plankzeiler kan door het verplaatsen van zijn gewicht de plank sturen. De plank kantelt dan en maakt vanwege zijn ronde bodem een bocht.

Rechtsonder: Fig. 1-1c. De liftkracht van een planeerende plank zorgt ervoor dat hij het kantelen van de

plank deze een bocht maakt. Links een aanzicht van de plank in de lengterichting, rechts een zijaanzicht. De pijlen met hun omhullende geven de verdeling van krachten die de plank ondervindt.

Verklaring van de gebruikte tekens:

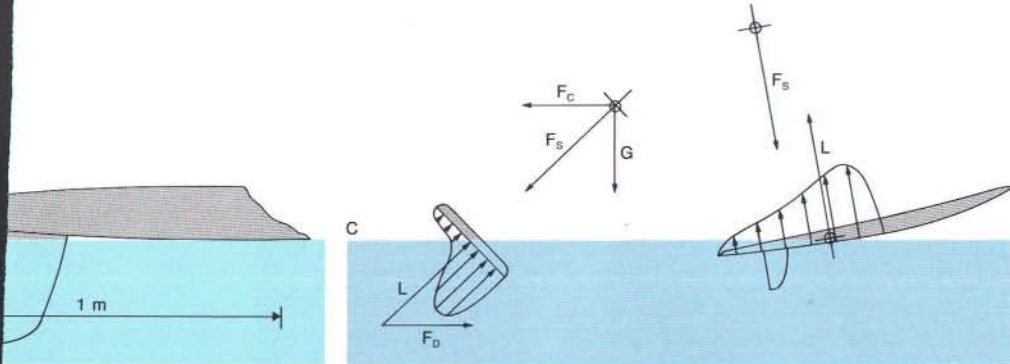
G : Gewicht van de plankzeiler.

F_C : Centrifugale kracht.

F_S : Totale kracht plankzeiler.

L : Lift die de plank ondervindt.

F_D : Kracht dwars op de plank.



ler bepaald en is afhankelijk van de nadruk die hij legt op springen of op golfrijden. Eén van de belangrijkste aspecten van een brandingplank is het sturen (zie Intermezzo I).

Het realiseren van een plank met betere manoeuvreereigenschappen heeft geleid tot een groot aantal verschillende bodem- en achterkantvormen. Tussen veel van deze varianten is hydrodynamisch gezien geen significant verschil. Een keuze zal op persoonlijke voorkeur gebaseerd zijn.

De snelheidsplank

Deze plank is voor een zeer gespecialiseerd doel ontworpen, het verbeteren van het wereldsnelheidsrecord voor zeilplanken. Dit record staat momenteel op bijna 60 km·uur⁻¹. Deze snelheid is de op één na hoogste voor zeilschepen, alleen de grote snelheidscatamaran van Tim Coleman, de Crossbow II, ging sneller: 66,8 km·uur⁻¹. Intermezzo III geeft een aantal redenen waarom een zeilplank zo snel is en waarom het niet waarschijnlijk is dat de zeilplank het snelheids-

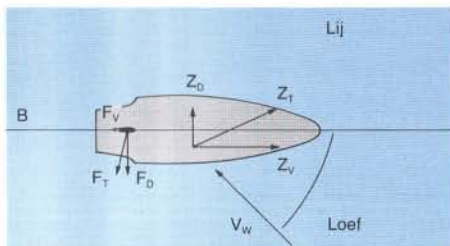
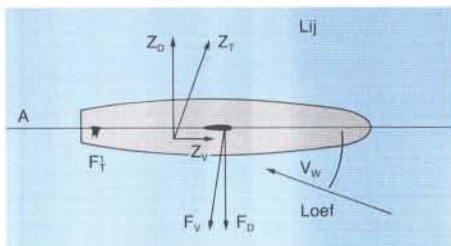
De dwarskrachtproduktie

Uit figuur II-1 blijkt dat van de zeilkracht (Z_t) slechts een klein gedeelte in de voorwaartse richting (Z_v) werkt. Het grootste deel van de zeilkracht staat dwars op de plank (Z_d). Om te voorkomen dat de plank weggedrukt wordt heeft hij vinnen (en een zwaard) ($F_d = Z_d$).

Figuur A laat de situatie zien wanneer een zeilplank hoog aan de wind zeilt. Door de kleine invalshoek van de wind is in dit geval een groot deel van de zeilkracht naar lij gericht. Dit betekent dat de plank meer lateraaloppervlak (dwarsoppervlak onder de waterlijn) moet hebben, dan bij de situatie in figuur B waar een met ruime wind zeilende plank is afgebeeld. Voor hoog aan de wind zeilen wordt dan ook een

zwaard gebruikt, dat een groter oppervlak heeft dan een vin.

De *lift* van een vin of zwaard bepaalt het effect van een zwaard of vin. De lift wordt op dezelfde manier als bij een vleugel geproduceerd. Door de hoek van de vin ten opzichte van de vaarrichting wordt de stroming aan de loefzijde, door de langere af te leggen weg, versneld. Een verhoogde stroomsnelheid betekent een verlaagde druk (Bernouilli). Door de drukverlaging wordt de vin naar loef gezogen. Dit vermindert het verlijeren als gevolg van het zijwaarts invallen van de wind. Figuur II-2 geeft hiervan een grafische voorstelling. Ongeveer tweederde van de lift wordt door de onderdrukzijde van de vin geleverd.



record voor zeilschepen zal behouden, zo een type plank daar ooit in zou slagen. De zeilplanken die voor deze specialisatie gebruikt worden zijn ongeveer 2,6 m lang en 0,5 m breed. Veel smallere planken die bijna op waterskies lijken worden ook, met minder succes, gebruikt. Bij wedstrijden blijkt steeds weer dat de relatief conservatieve plankvorm het best voldoet. Door het toepassen van exotische materialen als bijvoorbeeld het sterke kevlar en koolstofvezels is het gewicht van deze planken niet hoger dan 5 kg.

De vinnen

Een van de belangrijkste onderdelen van de zeilplank is de vin. In het volgende worden enkele hydrodynamische aspecten van de vin besproken.

De primaire functie van de vin is: voorkomen dat de zeilplank verlijert. Verlijeren is de zeilterm voor het opzij gedruwd worden van een zeilschip door de altijd iets zijwaarts invalende wind. De secundaire functie is het garanderen van de koersstabiliteit.

Bij branding- en snelheidsplanken wordt alleen een vin gebruikt en is het zwaard vervallen. Dit is mogelijk omdat deze planken niet zo goed hoog aan de wind hoeven te zeilen. De tweede reden is dat de snelheid hoog is waardoor er minder dwarsoppervlak onder de waterlijn nodig is. De *lift* van een vin, een maat voor het effect dat een vin heeft, is namelijk kwadratisch afhankelijk van de snelheid van de zeilplank. In Intermezzo II is aangegeven hoe de vinkrachten ontstaan.

Een groot probleem dat bij planken met alleen een vin optreedt, is de zogenaamde *spin-*

Linksonder: Fig. II-1. De krachten die werken op een zeilplank die zoveel mogelijk tegen de wind in vaart en een plank waarbij de wind iets meer van opzij invalt zijn getekend in A respectievelijk B. De hoog aan de wind zeilende plank (A) is uitgerust met zwaard en vin. B heeft alleen vinnen.

Verklaring van de gebruikte tekens:

V_W : Schijnbare windsnelheid.

Z_D : Zeilkracht, dwars op de plank.

Z_V : Voorwaartse zeilkracht.

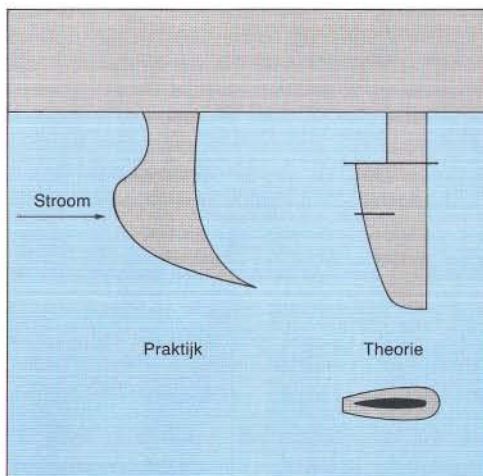
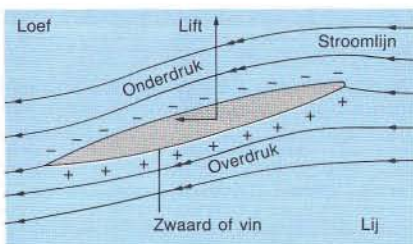
Z_T : Totale zeilkracht.

F_D : Zwaard- of vinkracht, dwars op de plank.

F_V : Voorwaartse zwaard- of vinkracht.

F_T : Totale zwaard- of vinkracht.

Onder: Fig. II-2. Een zwaard of vin ondervindt een naar loef gerichte kracht, de lift, die het gevolg is van het feit dat een zeilplank altijd iets dwars op de stroomlijn voortbewogen wordt.



Boven: Fig. 3. De antiventilerende vin heeft een theoretische vorm (rechts), maar in de praktijk wordt hij meestal gebruikt in de vorm die links is getekend.

Linksonder: Door het kantelen van de plank kan een plankzeiler erg snel een bocht maken. Op de foto is zo'n manoeuvre vastgelegd.

Onder: De waterstart is vrij nieuw op het repertoire van de geëfende plankzeilers. De zeiler laat zich daarbij door de wind in het zeil uit het water hijsen en vaart weg.



out. Dit betekent dat de plankzeiler het gevoel krijgt alsof de vin is afgebroken, de plank glijdt plotseling naar lij af, sterk zijwaarts met de wind mee. Dit doet zich vooral bij hoge snelheden voor. In eerste instantie werd dan ook aan een typisch hoge-snelheidsfenomeen gedacht, de *cavitatie*.

Bij cavitatie wordt de druk aan de onderdrukzijde, in dit geval de loefzijde, van de vin zo laag dat de dampspanning van het omringende water wordt onderschreden. Het water gaat er als het ware koken. Een berekening laat echter zien dat dit zich bij een zeilplank pas bij een snelheid van ongeveer $50 \text{ km} \cdot \text{uur}^{-1}$ voordoet. Bovendien is cavitatie een fenomeen dat slechts geleidelijk toeneemt bij hogere snelheid. Het is dus niet waarschijnlijk dat cavitatie de oorzaak van de plotselinge 'spin-out' is.

De werkelijke verklaring is *ventilatie*. Dit betekent dat lucht die onder de plank is geslagen, in het water aanwezig is, of zijdelings wordt aangezogen, aan de onderdrukzijde van de vin blijft hangen. Hiermee gaat plotseling ongeveer tweederde van de dwarskracht van de vin verloren. Daar plankzeilers met hoge snelheid over kleinere of grotere golven racen wordt er altijd lucht onder de plank geslagen.

Het heeft enige tijd geduurd voor er een oplossing voor dit probleem gevonden was. Zeer goed voldoet het toepassen van zogenaamde *fences*, plaatjes om de vin parallel aan de bodem van de plank. De fences verhinderen dat ventilatie boven aan de vin zich uitbreidt naar het hele vinoppervlak. Er is verder een aantal vinvormen gevonden die weinig ventilatieproblemen hebben.

De profielkeuze van de vin kan op de eigenschappen ervan een grote invloed hebben. Het is daarom verwonderlijk dat bruikbare informatie uit de vliegtuigbouw niet gebruikt wordt. Zoals vrijwel alles in de plankzeilerij vindt de ontwikkeling hier langs de weg van 'trial and error' plaats. Dit geldt ook voor het zeil.

Aerodynamica

Wanneer men een vergelijking maakt tussen het zeil van de Windsurfer en de moderne zeilen met tot de mast doorlopende zeillatten, blijkt dat er veel is veranderd. Deze veranderingen hebben vooral in de laatste vijf jaar



Boven: Met een golf als springplank zijn spectaculaire manoeuvres mogelijk. Wanneer de zeilers van de wereldtop voor de Noordzeekust varen, trekken ze duizenden toeschouwers. Deze plankzeiler is overigens bij Aruba in actie.



plaatsgevonden. Ze zijn zeker gestimuleerd doordat de prestaties van de zeilen achterbleven bij die van de planken.

Waarom de veranderingen niet eerder aangebracht zijn? De hoofdreden is het ontbreken van de juiste materialen.

In de ontwikkeling van de zeilen zijn geen nieuwe aerodynamische principes naar voren

gekomen. Het is immers al lang bekend dat een hoge *aspectverhouding* gunstig is voor de prestaties van het zeil. De aspectverhouding is het verhoudingsgetal van de zeilhoogte in het kwadraat en het zeiloppervlak. Ook de profielvorm van het zeil en de omstroming van de mast zijn volgens oude aerodynamische principes verbeterd. Zo wordt de omstroming van de

mast verbeterd door achter de mast stroomgeleiders te plaatsen die door de zeillatten worden vastgehouden. Een andere methode is het plaatsen van een schuimprofiel om de mast. De betrekkelijkheid van deze verbeteringen moet niet uit het oog verloren worden.

Aerodynamisch rendement

De luchtweerstand van de plankzeiler zelf is bij hoge snelheden zeer aanzienlijk en kan oplopen tot 40 procent van de totale weerstand van plank en zeiler in lucht. Hiermee wordt de aerodynamische efficiëntie zeer ongunstig beïnvloed. In figuur 4 wordt het verschil in rendement tussen een gewoon zeil en een profielzeil getoond. In beide gevallen is de luchtweerstand van de plankzeiler en zijn plank meegenomen. Het rendement van de zeilen is al fors toegenomen.

De toekomstige ontwikkeling van de aerodynamica van de plankzeilerij zal zich, wil er nog enige winst behaald worden, moeten richten op de stroomlijning van de plankzeiler. Voor de vaartechniek zal dit waarschijnlijk geen grote consequenties hebben.

Karakteristieke eigenschappen

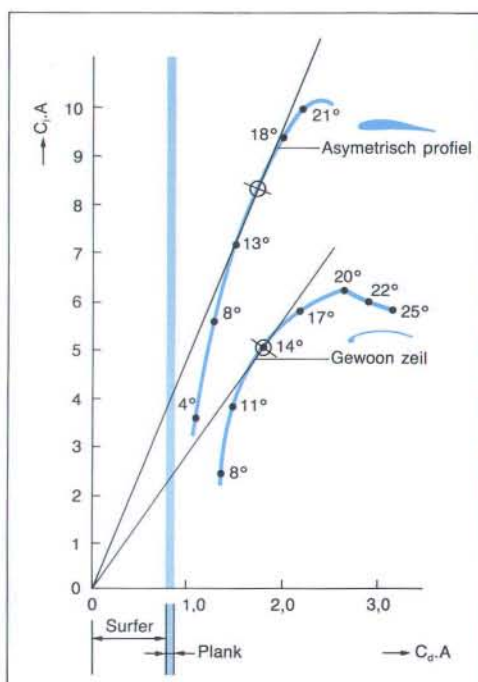
In tegenstelling tot conventionele zeilschepen helt bij plankzeilen het zeil naar loef. Zoals uit de figuren te zien valt betekent dit dat de ontbondene in verticale zin (Z_0) de plankzeiler uit het water tilt, terwijl bij de zeilboot het schip in het water wordt gedrukt. Hoe harder het waait hoe schuiner de plankzeiler gaat hangen en hoe minder hij op de plank steunt.

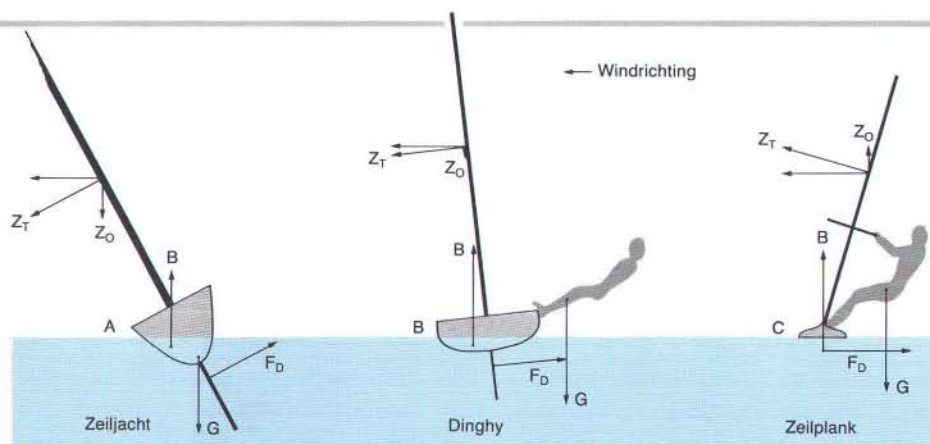
De verhouding zeiloppervlak tot totaal gewicht is bij een zeilplank relatief gunstig (zie tabel III-1).

Zoals in het deel over aerodynamica aan de orde komt is echter het aerodynamisch rendement van een zeilplank slecht. Dit betekent dat bij hoge snelheden de plankzeiler nooit sneller dan de wind kan zeilen. Conventionele zeilschepen, in elk geval catamarans, zijn hiertoe wel in staat. Het lijkt daarom niet waarschijnlijk dat de zeilplank een eenmaal behaald snelheidsrecord voor zeilschepen kan behouden.

Tabel Aerodynamisch rendement van verschillende zeilers en planken		
$\left(\frac{C_l}{C_d}\right)_{\max.}$	Gewone plankzeiler	Gestroomlijnde plankzeiler
Gewoon zeil	2,77	4,77
Asymmetrisch zeil	4,9	9,8

Rechts: Fig. 4. Het aerodynamisch rendement van een zeilplank laat zich sterk beïnvloeden door het zeil. Zeilen met een asymmetrisch profiel zijn al veel beter dan de conventionele zeilvormen (zie ook fig. 2). In de toekomst zal verbetering van het rendement mogelijk zijn door de plankzeiler te stroomlijnen, zoals de tabel (boven) laat zien. C_l en C_d zijn dimensieloze coëfficiënten, een maat voor de weerstand respectievelijk de lift. Het maximum van hun quotiënt geeft het aerodynamisch rendement. De aangegeven graden bij de zeilprofielen geven de hoek tussen het zeilprofiel en de instromende wind.





TABEL III-1

	A Zeiloppervlak [m ²]	G Gewicht [kg]	Dimensieloze verhouding [$\frac{1}{2}\rho v^2 A/G$]
FD Klasse	16	350	2,9
Zeilplank	6	100	3,8

Boven: Fig. III. Zeiljachten en dinghy's hellen in de wind naar lij, zeilplanken naar loef. Daardoor gedragen de verschillende zeilvaartuigen zich uiteraard heel verschillend.

Verklaring van de verschillende tekens:

Z_T : Totale zeilkracht.

Z_O : Op- of neerwaarts gerichte zeilkracht.

B : Drijfkracht.

F_D : Dwars gerichte kracht van het onderwaterschip.

G : Gewicht van de combinatie.

De vaartechniek

Met de ontwikkeling van de bouwtechniek is ook het kunnen van de zeilers toegenomen. Waren de zeilers in 1970 voor het eerst in staat op de plank te staan, in 1976 liet Robby Naish iedereen versteld staan door zijn plank op de kant te zeilen. In 1978 werden de eerste voorzichtige sprongen over de golven gemaakt. In 1980 werd het snelheidsrecord door Jaap van der Rest op $45,2 \text{ km} \cdot \text{uur}^{-1}$ gebracht. De techniek ging, kortom, met sprongen vooruit.

Momenteel zijn de topzeilers in staat een salto te springen met een golf als schans. Daar de manoeuvre niet helemaal aan de definitie van een salto voldoet heeft ze een betere benaming: 'barrel roll' of 'helicopter'. Regelmatig publiceren de surfbladen overzichten van nieuwe manoeuvres, alle met hun eigen naam.

Vaartechniek en ontwerptechniek van de plank zijn nog explosief in ontwikkeling. Het is de grote vraag welk materiaal we op welke manier in de nabije toekomst over het water zien scheren.

Literatuur

Baan, Jouke van der. (1983). *De Australia II. Kiel geeft schip vleugels*. Natuur en Techniek, 52, 3, pag. 170-193.

Marchaj, C.A. (1979). *Arrow-hydrodynamics of sailing*. Adlard Coles Ltd. Granada Publishing. ISBN 0 229 98652 8.

Op zeilplank (surf) gebied zijn verschillende tijdschriften in de kiosk verkrijgbaar. Nederlandstalig zijn de Windsurfkampioen, van de ANWB, en Surfmagazine.

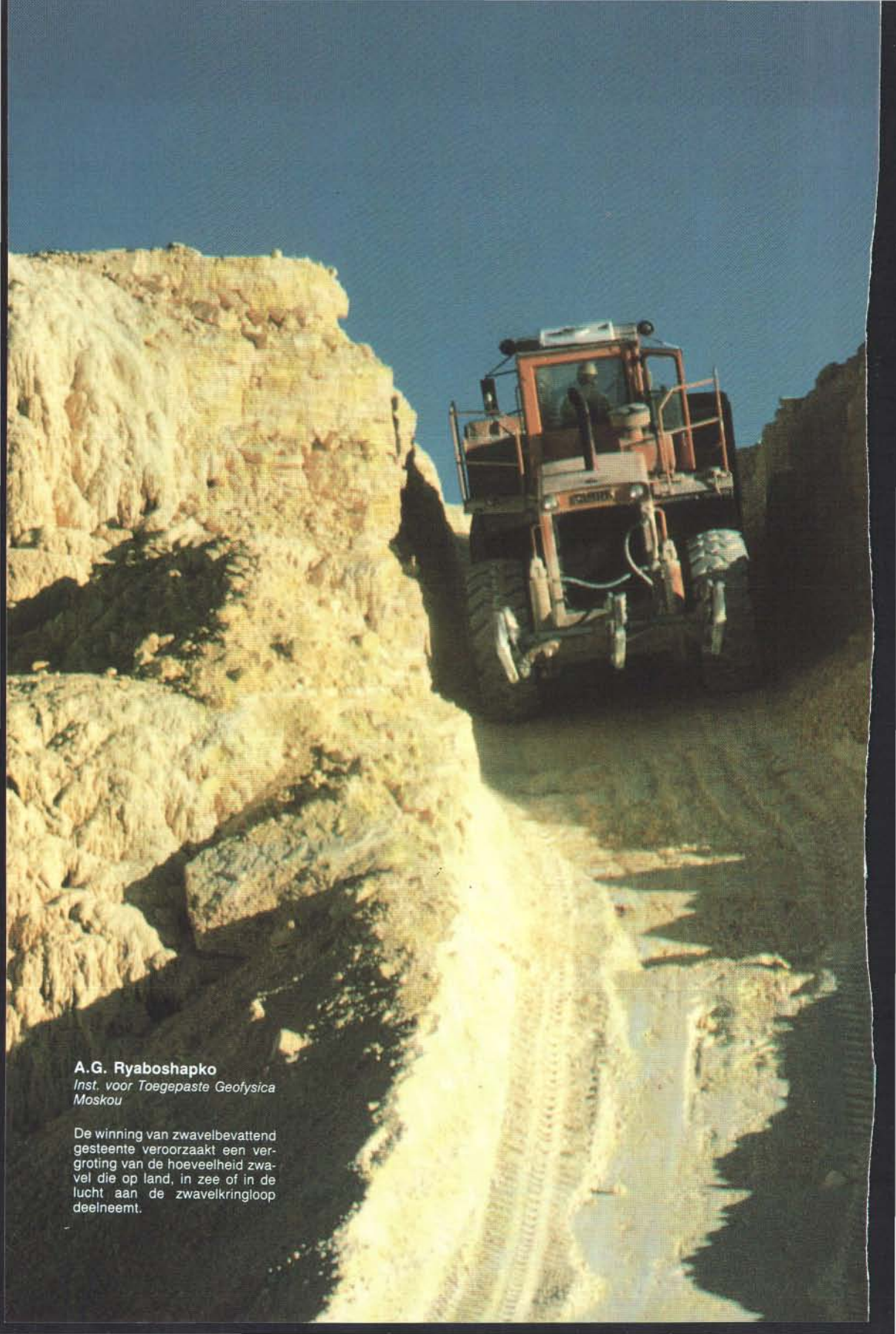
Bronvermelding illustraties

Dufourg/Cazenave - Sygma. ABC press, Amsterdam: pag. 604-605.

Warren Morgan. ABC press, Amsterdam: pag. 608-609.

Darrel Jones. ABC press, Amsterdam: pag. 612-613.

De overige foto's zijn afkomstig van de auteur.



A.G. Ryaboshapko

*Inst. voor Toegepaste Geofysica
Moskou*

De winning van zwavelbevattend gesteente veroorzaakt een vergroting van de hoeveelheid zwavel die op land, in zee of in de lucht aan de zwavelkringloop deelneemt.

A photograph of a steep, rocky cliff face. The rock is light-colored, possibly yellowish or tan, and shows signs of weathering and erosion. A person is standing on a narrow ledge or platform near the top of the cliff, providing a sense of scale. The sky is a clear, deep blue.

DE ZWAVELKRINGLOOP

Bronnen van zure regen

Tegenwoordig haalt men om verschillende redenen zwavel uit de aardkorst: om de zwavel zelf; voor het verkrijgen van andere chemicaliën, bijvoorbeeld in de vorm van sulfiethoudende metaalertsen en als ongewenst bestanddeel van minerale brandstoffen zoals olie en steenkool.

Vanaf het moment van winning uit de aardkorst leidt dit zwavel een 'zwervend' bestaan. Het reageert met andere verbindingen en heeft invloed op het milieu waarin planten, dieren en mensen leven.

Dit artikel beschrijft de lotgevalen van de door menselijke activiteiten vrijgemaakte zwavel en het geeft een indicatie van de omvang van deze menselijke invloed. Het artikel schildert de situatie aan het begin van de jaren tachtig.

Het is zeer moeilijk vast te stellen op welk tijdstip de mens de zwavelkringloop in de natuur is gaan veranderen. Waarschijnlijk dateren de eerste merkbare veranderingen uit de periode waarin de mens met veeteelt begon, wat bodemerosie tot gevolg had. Die menselijke invloed is echter pas goed merkbaar geworden bij het begin van de technische revolutie in de vorige eeuw. Al in 1913 schreef de Russische geleerde Kossovich: "Voor enkele delen van de Aarde is het zwaveligzuur dat ontstaat bij de verbranding van organische stoffen (vooral steenkool) een zeer belangrijke bron van zwavel". Hij schreef dit in een publikatie met een bijzonder modern klinkende titel: 'Over de kringloop van zwavel en chloor op de Aarde en over het belang van dit proces in de natuur.'

De aardkorst

In de natuur doorloopt zwavel verschillende ontwikkelingsfasen. In de vaste aardkorst, de *lithosfeer* worden na sedimentatie en diagenese (verstenen) zwavelhoudende gesteenten gevormd. Door tektonische bewegingen onder-

gaan die een metamorfose om uiteindelijk door erosie te worden afgebroken. De sedimentatie van het zwavel vindt hoofdzakelijk plaats in de *hydrosfeer*, het waterbevattende 'omhulsel' van de Aarde. Zwavel treedt de *atmosfeer* binnen als een gas of een aerosol en keert na vaak vele omzwervingen uiteindelijk weer terug in de aardkorst. Het gehalte aan zwavel en de migratiesnelheid verschillen sterk in de verschillende onderdelen van de geosfeer: de lithosfeer bevat vijf miljard maal zoveel zwavel als de atmosfeer, de omzettingssnelheid is daarentegen in de atmosfeer ongeveer vijf miljard maal zo hoog als in de lithosfeer (tabel 1).

De mens verplaatst door actieve beïnvloeding van de natuurlijke processen jaarlijks $2 \cdot 10^7$ miljoen ton materie, waaronder $2 \cdot 10^4$ miljoen ton zwavel. Een groot gedeelte van dit zwavel blijft in de lithosfeer, aangezien slechts $2 \cdot 10^4$ miljoen ton materie in de vorm van ertsen en zwavelhoudende gesteenten actief verwerkt wordt. In dit gewonnen gedeelte is het zwavelgehalte echter aanzienlijk hoger dan het gemiddelde gehalte in gesteenten die de mens met rust laat.

TABEL 1. Zwavel in de verschillende compartimenten van de geosfeer

Compartiment	Zwavelgehalte [miljoen ton]	Gemiddelde verblijftijd [jaar]
Lithosfeer	$25,5 \cdot 10^9$	180 miljoen
Hydrosfeer	$1,3 \cdot 10^9$	8 miljoen
Atmosfeer	4,83	0

Rechts: Fig. 1. De globale zwavelkringloop in het midden van de jaren tachtig. De getallen geven miljoenen tonnen zwavel per jaar.

TABEL 2. Concentraties van zwavelverbindingen in de atmosfeer

Zwavelverbinding	Gemiddelde concentratie [miljoen ton]	Onder- en bovengrenzen [miljoen ton]
Kortlevende verbindingen van gebonden zwavel (H_2S , $(CH_3)_2S$, enz.)	0,1	0,025-0,25
Langlevende verbindingen van gebonden zwavel (OCS , CS_2)	3,0	2,0-4,2
Sulfaten in de troposfeer (SO_4^{2-})	0,7	0,4-1,2
Sulfaten in de stratosfeer (SO_4^{2-})	0,5	0,3-0,6
Zwavedioxide (SO_2)	0,5	0,25-0,8
Totaal	4,8	3,0-7,0

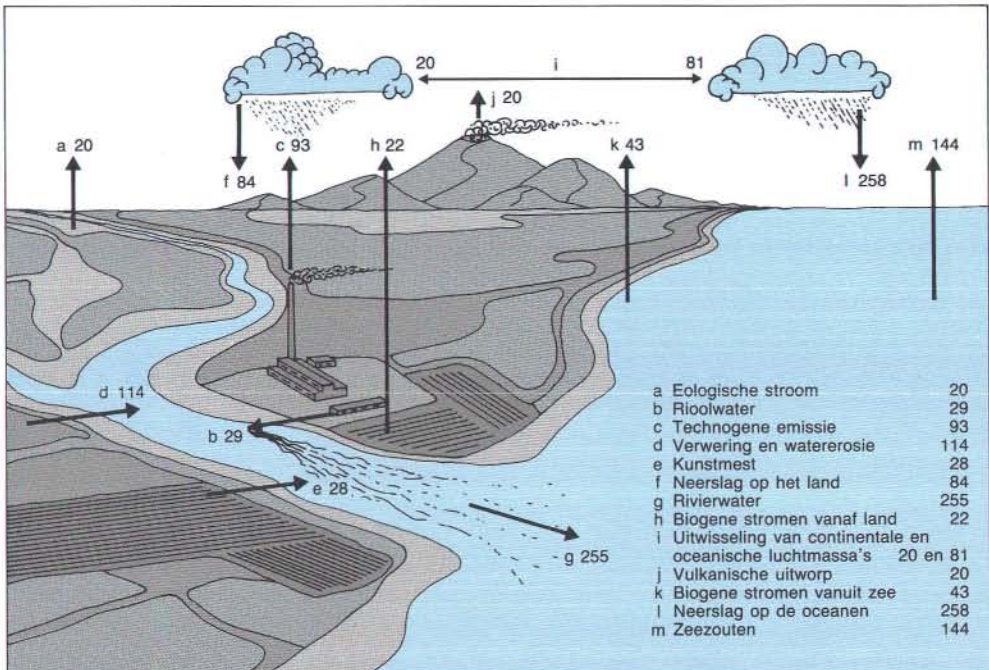
Volgens de huidige inzichten verdwijnt ongeveer 150 miljoen ton zwavel per jaar uit de lithosfeer. Tijdens de verwerking van de gewonnen grondstoffen wordt een groot deel (90 miljoen ton per jaar) uitgeworpen in de atmosfeer. Vanuit de atmosfeer komt de zwavel met de neerslag op de oppervlakte van de oceanen en landmassa's terecht. Vanaf het land wast de neerslag het zwavel vrij snel uit naar rivieren en meren en dan naar de zeeën en oceanen.

Kunstmest bevat een aanzienlijke hoeveelheid zwavel. Door bemesting komt jaarlijks 28 miljoen ton zwavel in de bodem. Die hoeveelheid blijft niet lang in de bodem en komt grotendeels in de hydrosfeer terecht. Een deel van de zwavel in de kunstmest (5,6 miljoen ton per jaar) wordt met de oogst uit de bodem gehaald, en komt pas na het doorlopen van diverse voedselkringlopen in de hydrosfeer terecht. Uiteindelijk komt 32 miljoen ton zwavel per jaar indirect de hydrosfeer in via afvalwater. Zo zien we dat alle zwavel die door de mens uit de lithosfeer wordt gehaald ooit ook in de oceanen terechtkomt. Verderop komt nog aan de orde hoe zwavel de zeeën weer verlaat.

Door de groottes van de zwavelstromen als gevolg van menselijke activiteiten tussen de lithosfeer, de hydrosfeer en de atmosfeer te vergelijken met de hoeveelheid zwavel in elk van deze reservoirs, is gemakkelijk vast te stellen hoe groot de invloed van de menselijke activiteit is. De jaarlijkse uitstroom van zwavel uit de lithosfeer is ongeveer een factor 10^8 kleiner dan de totale hoeveelheid zwavel in de lithosfeer (tabel 1). Men kan daarom moeilijk spreken van een uitputting door de mens van dit zwavelreservoir. Hierbij moet echter wel de kanttekening geplaatst worden dat een groot deel van de zwavel in de lithosfeer zich in sedimentaire gesteenten bevindt ($7,7 \cdot 10^9$ miljoen ton) en dat de uitstroom van zwavel voornamelijk gebeurt via het winnen van minerale grondstoffen en sulfietertsen van non-ferrometalen ($1,4 \cdot 10^4$ miljoen ton per jaar). De voorraden daarvan zijn begrensd.

De hydrosfeer en de atmosfeer

De oceanen bevatten zoveel zwavel dat zelfs als de antropogene, de door mensen veroorzaakte, zwavelstroom jaarlijks 2 procent

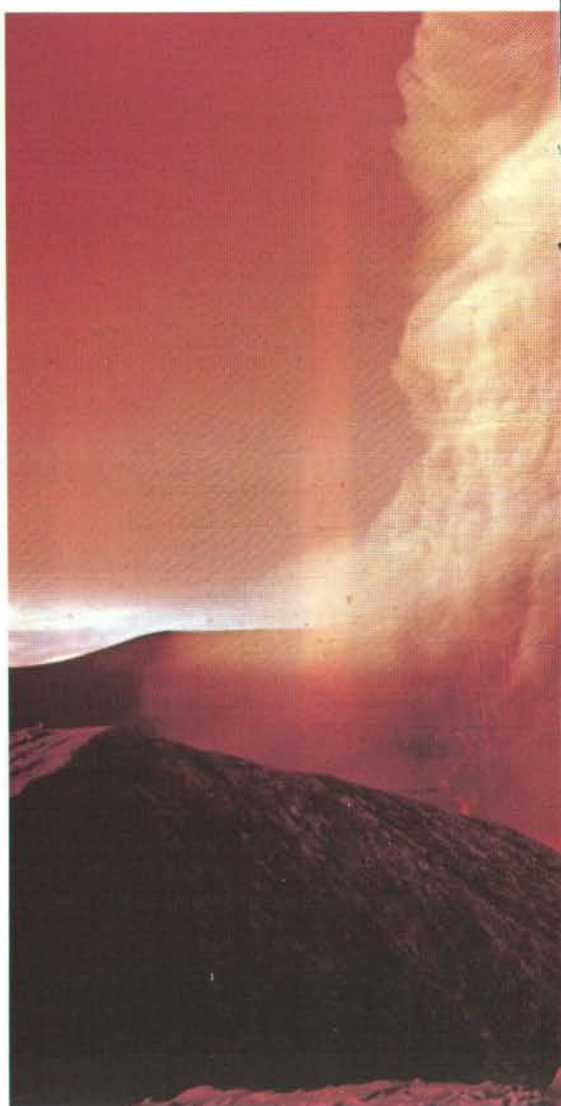


groeit dan de komende eeuw de zwavelconcentratie in zeewater nog niet enkele honderdsten van procenten toeneemt. Aan de andere kant is de afgelopen decennia de zwavelconcentratie in zoet water in bepaalde regionen merkbaar gestegen. Zo is 80 procent van de sulfaten in de rivieren van Tsjechoslowakije van menselijke oorsprong.

De invloed van de mens heeft vooral zijn weerslag op de zwavelkringloop in de atmosfeer. De jaarlijkse door de mens in de atmosfeer gebrachte hoeveelheid zwavel is op het ogenblik twintigmaal zo groot als de totale hoeveelheid zwavel in de atmosfeer. Dit feit dwingt ons tot het zeer nauwkeurig bestuderen van alle onderdelen van de globale zwavelbalans in de atmosfeer.

Zwavel kan in de atmosfeer in drie chemische vormen voorkomen (zie tabel 2): als gebonden sulfide (valentie -2), als sulfiet (valentie $+4$) en als sulfaat (valentie $+6$). Voorbeelden van sulfiden zijn de gasvormige verbindingen waterstofsulfide (H_2S), dimethylsulfide ($(CH_3)_2S$), koolstofdissulfide (CS_2) en carbonylsulfide (OCS). In de regel worden zwavelverbindingen in de atmosfeer snel geoxydeerd. Zo ligt de gemiddelde levensduur van waterstofsulfide, dimethylsulfide en mercaptanen tussen een halve en één dag. Een uitzondering hierop vormt het relatief inerte carbonylsulfide, dat een gemiddelde levensduur heeft van ongeveer een jaar. Onder de gemiddelde levensduur wordt de tijd verstaan die

Rechts: Bij vulkaanuitbarstingen komen enorme hoeveelheden zwavel in de atmosfeer terecht. In de jaren na een grote uitbarsting is de zwavelconcentratie in de atmosfeer verhoogd.

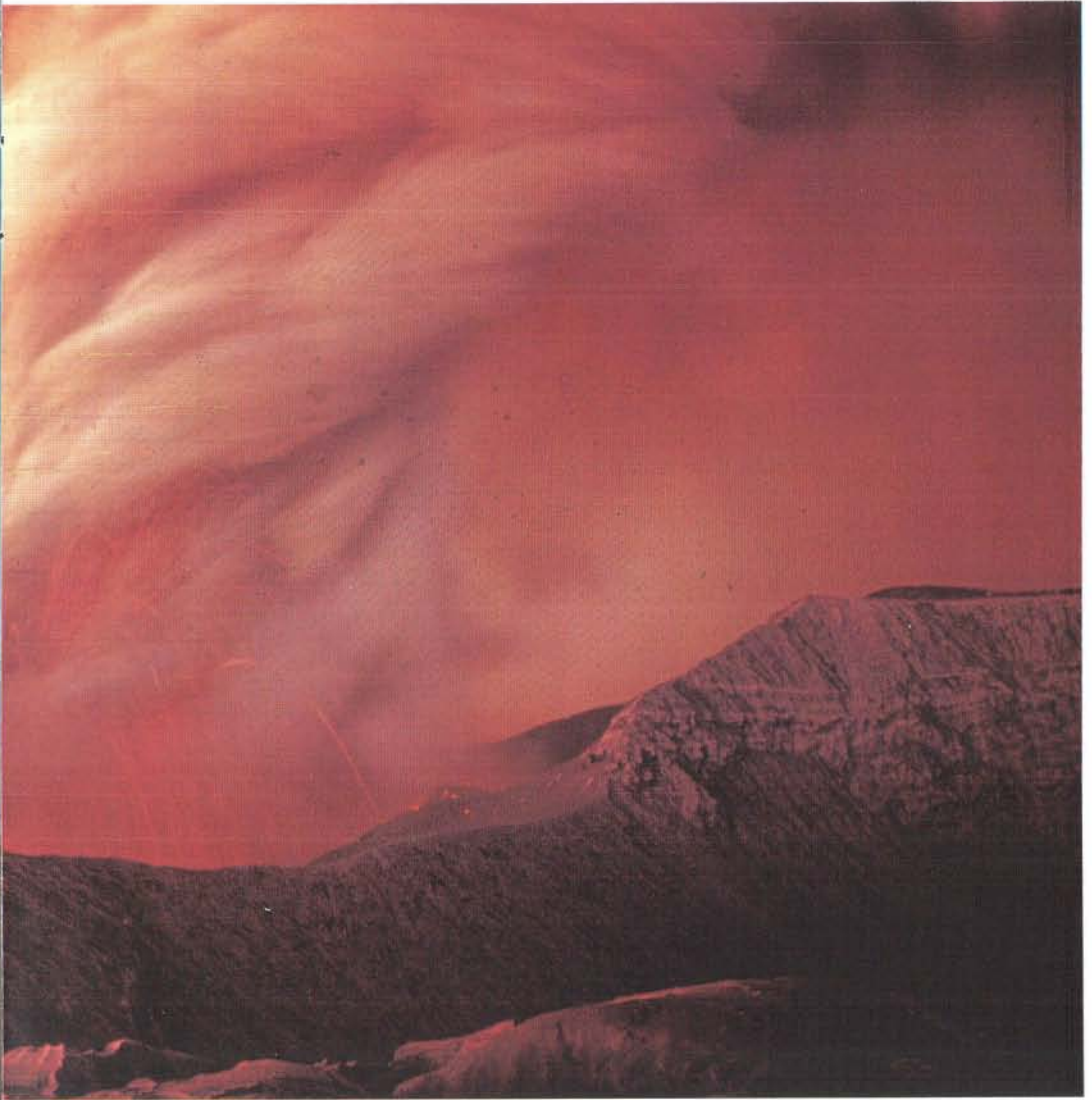


moet verstrijken om de concentratie met een factor e ($e = 2,718$) te laten verminderen. Uiteindelijk gaan alle sulfiden over in de sulfietvorm, dat wil zeggen ze worden geoxydeerd tot zwaveldioxyde (SO_2).

De verdere oxydatie van sulfieten in de atmosfeer is een uiterst ingewikkeld proces. Die reactie kan zowel in de gasvormige fase verlopen, dit zijn voornamelijk fotochemische processen, als in heterogene reacties op het oppervlak van aerosoldeeltjes, of in de vloeibare fa-

se van waterdruppels. In alle gevallen wordt bij de oxidatie zwavelzuur (H_2SO_4) gevormd.

De snelheid waarmee zwaveldioxyde oxydeert hangt van vele factoren af. In de eerste plaats van de intensiteit van de zonnestraling, ten tweede van de concentratie en chemische samenstelling van aerosoldeeltjes in de atmosfeer en tenslotte van de luchtvochtigheid. 's Zomers, in de vervuilde atmosfeer van de grote steden, is de levensduur kort, slechts enkele uren. In de schone poollucht daarentegen,



met zijn minimale hoeveelheid zonnestraling, kan de gemiddelde levensduur oplopen tot twee of drie weken.

Het in de atmosfeer gevormde zwavelzuur wordt geleidelijk geneutraliseerd. De snelheid hiervan hangt af van de aanwezigheid in de atmosfeer van neutraliserende agentia, waarvan de belangrijkste ammoniak (NH_3) is. Daardoor worden zouten van zwavelzuur gevormd. Ammoniumbisulfaat (NH_4HSO_4) en ammoniumsulfaat ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$) zijn voorbeelden. Het

zwavelzuur en zijn zouten komen in de atmosfeer voor in de vorm van aërosoldeeltjes met een grootte van 0,1 tot $1\mu\text{m}$ die vrij lang in de atmosfeer kunnen zweven. In de stratosfeer bijvoorbeeld kunnen druppeltjes zwavelzuur van deze grootte ongeveer een jaar aanwezig blijven. In de onderste lagen van de atmosfeer hebben de sulfaathoudende deeltjes een levensduur van twee tot tien dagen. In die tijd kunnen ze door de winden over duizenden kilometers worden weggedragen.

Achtergrondconcentraties

De totale hoeveelheid zwavel in een of andere vorm in de atmosfeer hangt af van de voorraad, de grootte van de zwaveltoevoer en van de snelheid waarmee hij weer uit de atmosfeer verwijderd wordt. Het is natuurlijk niet verwonderlijk dat in de atmosfeer vooral langlevende, stabiele zwavelverbindingen zijn te vinden, waarvan de gemiddelde levensduur ongeveer een jaar is. Deze verbindingen zijn tamelijk gelijkmatig in de atmosfeer verdeeld. Zij bepalen de achtergrondconcentraties van zwaveldioxyde en sulfaten in de atmosfeer. Hierbij dient opgemerkt te worden dat onze kennis van het gehalte aan zwavel in de atmosfeer nog zeer onvoldoende is. Dit hangt samen met de moeilijkheden bij het meten van achtergrondconcentraties en met de variabele concentraties van de verschillende verbindingen, zowel in ruimte als in tijd.

Bronnen

Vulkanen

Vanwaar komt nu eigenlijk de zwavel de atmosfeer in? Gedurende de gehele bestaansgeschiedenis van de Aarde zijn vulkanen al bronnen van atmosferische zwavel geweest. In bepaalde jaren worden bij krachtige vulkaanuitbarstingen reusachtige hoeveelheden zwavel de atmosfeer ingestoten, waarbij de uitworp soms een hoogte van 30 tot 40 km kan bereiken. Deze periodieke uitworpen zijn terug te vinden in uitzonderlijk hoge concentraties van sulfaten in de in de betreffende jaren gevormde ijslagen in Groenland en Antarctica. Door de verdeling van sulfaten als functie van de diepte in ijslagen te bestuderen, kan men alle grote vulkaanuitbarstingen van de afgelopen 50 000 jaar opsporen. Gemiddeld komt echter aanzienlijk meer zwavel geleidelijk en gelijkmatig de atmosfeer in, niet tijdens de uitbarstingen, maar door de dampen die opstijgen uit de fumarolen, de damp- en gasbronnen in vulkanische streken. Volgens de laatste gegevens uit de literatuur komt door vulkanische activiteiten jaarlijks gemiddeld 20 miljoen ton zwavel de atmosfeer in.

De zee

Wellicht zijn de oceanen de sterkste bron van zwavel in de atmosfeer. Iedereen die wel

eens een zeereis maakte, weet dat zelfs bij rustig weer alle delen van een schip geleidelijk bedekt worden door een grijsachtig laagje zeezout. Dat waren uiterst kleine druppeltjes zee-water die in de lucht snel opdroogden en overgingen in deeltjes zeezout. Deze deeltjes kunnen weliswaar hoog in de atmosfeer opstijgen, maar zij concentreren zich voornamelijk in de onderste 1,5 km van de atmosfeer. Een deel van deze partikels wordt door winden diep het binnenland van continenten ingevoerd, het grootste deel echter valt weer terug op het zeeoppervlak. Als sulfaat in zeezout wordt jaarlijks ongeveer 140 miljoen ton zwavel vanuit zee de atmosfeer ingebracht.

Zwavelreducerende bacteriën

Zoals bekend bevat levende materie zwavel. Bij het vergaan komt zwavel als gasvormige sulfiden in de atmosfeer. De grootste invloed op de zwavelstroom uit de biomassa naar de atmosfeer hebben echter de zwavelreducerende bacteriën. Onder anaërobe omstandigheden reduceren deze bacteriën sulfaten (met een valentie +6) tot sulfiden (valentie -2). Het schatten van de hoeveelheid biogene zwavel



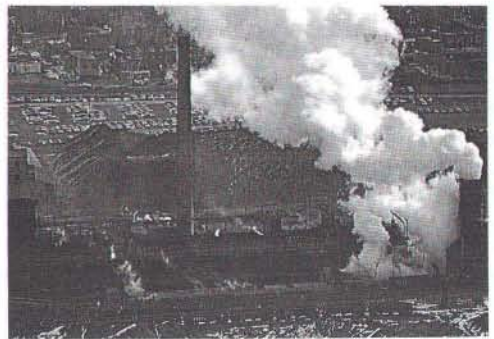
die zo de atmosfeer binnentreedt is uitermate moeilijk. In één en hetzelfde moeras of getijdezone kan de intensiteit van de zwaveluitworp over een afstand van slechts enkele meters namelijk een factor duizend variëren. De temperatuur van de omgeving speelt daarbij een belangrijke rol. Daarnaast bestaat de biogene emissie uit een breed spectrum van verschillende gassen, die men vrij moeilijk kan detecteren en meten. Vroeger dacht men dat biogene zwavel voornamelijk in de vorm van waterstofsulfide de atmosfeer binnentrad. Nu weet men echter dat dit in water en in de bodem snel geoxydeerd wordt. De voornaamste leverancier van biogene atmosferische zwavel is dimethylsulfide. In zijn geheel wordt de biogene stroom geschat op 65 miljoen ton per jaar.

Is het zo dat de vulkanische zwaveluitworp en de zwavelstroom in de vorm van zeezout zich absoluut aan de invloed van de mens onttrekken, bij de biogene stroom, vooral vanaf het droge, is dit een heel ander verhaal. De mens heeft op een drastische wijze zowel in kwalitatief als kwantitatief opzicht de bestaansvoorwaarden van de Aardse ecosyste-

men veranderd. Een aanzienlijk deel van het land wordt tegenwoordig ingenomen door akkers. De bewerking daarvan heeft invloed op de condities waaronder zwavelverbindingen boven de bodem in de atmosfeer treden. Het geven van een kwantitatieve karakterisering of ook maar een tendens van de huidige ontwikkeling is echter onmogelijk.

Erosie

Een andere, ook nog nauwelijks onderzochte bron van sulfaten vormt winderosie aan bodems in droge gebieden. Door de wind meegevoerde bodemdeeltjes hebben afmetingen van 1 tot 100 μm . Grote deeltjes (10 tot 100 μm) zakken snel uit de atmosfeer, maar kleine deeltjes (1 tot 10 μm) kunnen over vrij grote afstanden getransporteerd worden. Deze wijze van sulfaattransport de atmosfeer in is belangrijk in de centrale delen van Eurazië, in het bijzonder in de zuidelijke delen van de Sovjet-Unie. Minstens de helft van de sulfaten die opgelost zijn in de hier vallende neerslag is afkomstig van winderosie-processen. Deze stroom met een sporadisch karakter wordt geschat op gemiddeld 20 miljoen ton per jaar. Tegelijkertijd



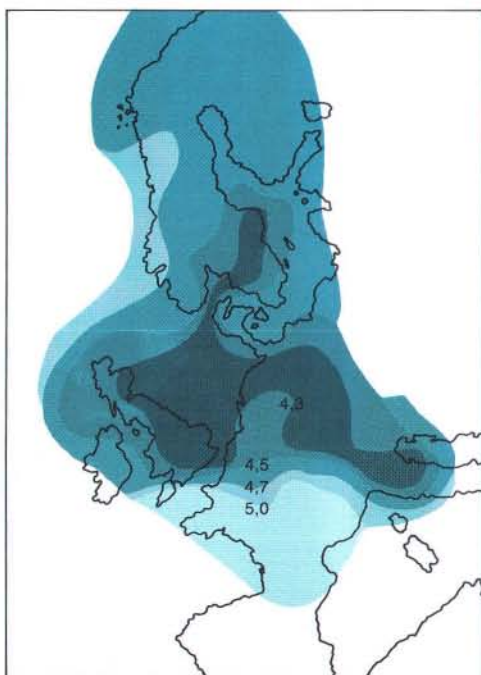
Links: Zandstormen kunnen zwavelrijk materiaal hoog de atmosfeer inblazen.

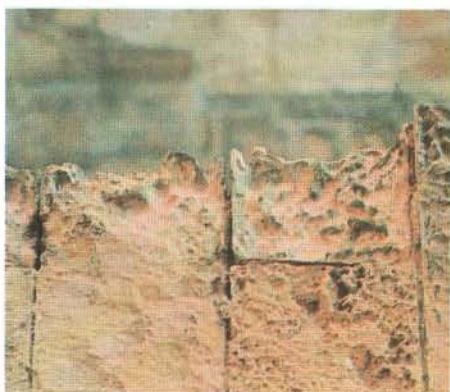
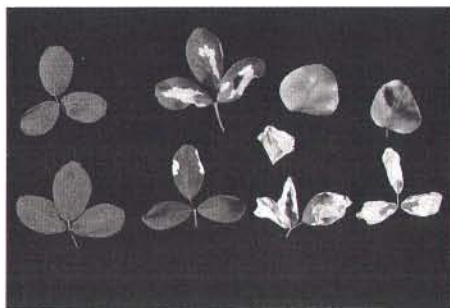
Boven: De uitstoot van rookgassen door de industrie is sinds 100 jaar een bron van zwavel in de atmosfeer. Door betere milieubescherpende maatregelen neemt de uitstoot in West-Europa de laatste jaren af.



komen er gevallen voor waarbij een enkele zandstorm 30 miljoen ton zwavel in de vorm van sulfaten de lucht indraagt. Dit is meer dan zelfs door de krachtigste vulkaanuitbarstingen wordt uitgebraakt.

Heeft de mens de omvang van de ecologische zwavelstroom veranderd? Het antwoord luidt eenduidig: ja, beslist. De vernietiging van de groene bodembedekking door beweiding met vee en het omploegen van de bodems heeft tot een toename van de winderosie geleid. De situatie bij de Aralzee is een duidelijk voorbeeld. Door de verlaging van de waterstand gedurende de afgelopen jaren zijn grote delen van de oppervlakte van de zeebodem bloot komen te liggen. Deze zijn bedekt met uit heel fijn stof bestaande bodemsedimenten met een hoog sulfaatgehalte. We kunnen gerust veronderstellen dat de eolische zwavelintree in de atmosfeer vóór de inmenging van de mens in de natuurlijke processen ongeveer de helft minder was dan nu. Deze schatting is echter in hoge mate speculatief omdat vroegere gegevens over het aardoppervlak ontbreken.





Geheel links: In het Nederlands Meetnet voor de Luchtverontreiniging maakt men onder andere gebruik van proefveldjes met planten die gevoelig zijn voor bepaalde verontreinigingen.

Linksboven: Luzerne (*Medicago sativa*) is geschikt als indicatorplantje voor SO_2 -verontreiniging. Rechts op de foto blad van de klaver die twee weken met $800 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ SO_2 werd begast. Links een gaaf controle-exemplaar.

Linksonder: Fig. 2. De verdeling van zure neerslag in Europa in 1974, weergegeven als iso-pH-kromme van pH = 5,0 tot pH = 4,3.

Links: Zure regen is funest voor oude gebouwen. In een paar eeuwen werden ze vaak nauwelijks geërodeerd, terwijl in de afgelopen decennia de aantasting zeer snel verloopt.

Industriële bronnen

Met de ontwikkeling van de industrie is er nog een bron van zwavel bijgekomen: de technogene stroom. Tot het midden van de vorige eeuw verontreinigde de mens de atmosfeer vooral door het verbranden van hout. Al vanaf 1860 was het aandeel van de verbranding van kolen aanzienlijk. In 1890 werd kolenverbranding de voornaamste technogene bron van zwavel in de atmosfeer. Dit is nog steeds zo. Rond de jaren vijftig nam daarbij in snel tempo het gebruik van aardolieproducten toe. Even snel nam de hoeveelheid zwavel in de atmosfeer toe door het verbranden van olieproducten. Aan het begin van de jaren tachtig werd in de gehele wereld ongeveer 90 miljoen ton zwavel per jaar de atmosfeer ingeblazen, waarvan 65 miljoen ton door verbranding van kolen en aardolie (zie tabel 3).

Zure regen

Wat zijn nu de voornaamste onderdelen van de atmosferische zwavelbalans in zijn geheel

en hoe zijn deze veranderd onder invloed van de menselijke activiteiten? Tegenwoordig wordt de totale uitstoot van zwavel in de atmosfeer geschat op 340 miljoen ton per jaar (zie tabel 3), dat betekent ten opzichte van de prehistorische tijden een toename van 40 procent. Als we de zwavelstroom de atmosfeer in op het continent afzonderlijk bekijken, dan zien we dat deze, voornamelijk ten gevolge van de technogene uitworp, driemaal zo groot is geworden. Vanuit ecologisch oogpunt is belangrijk dat 88 procent van de technogene uitworp uit zwaveldioxyde bestaat, dat in de atmosfeer gemakkelijk in zwavelzuur overgaat. Daar komt nog bij dat de technogene uitworp ruimtelijk begrensd is en zich beperkt tot industrieel ontwikkelde gebieden. Deze beslaan slechts 8 procent van het droge aardoppervlak. De afgelopen decennia heeft deze geconcentreerde uitstoot tot ernstige ecologische problemen geleid (zie figuur 2).

Zo heeft de intensieve uitworp van zwavelverbindingen in de atmosfeer vooral zijn invloed gehad op de volksgezondheid. De groei

van de steden en gelijktijdig van de uitworpen van zwavel door grote installaties en door de vele kleine bronnen in de vorm van huisverwarming hebben geleid tot een ontoelaatbaar hoge zwavelconcentratie in de atmosfeer. Denken we alleen maar aan het incident in Londen, waar in 1954 door zure smog in een week 4000 mensen overleden. Er moesten snel oplossingen gezocht worden. Die vond men toen in het centraliseren van verwarmingssystemen, het verplaatsen van installaties naar plaatsen buiten de stadsgrenzen en het bouwen van hoge schoorstenen. Al snel bleek dat men te vroeg gejuicht had. Door de hoge schoorstenen en de verdere toename van de zwaveldioxyde-emissie werd het plaatselijk probleem een regionaal probleem: de *zure neerslag* werd in korte tijd een begrip.

Het begrip zure neerslag betreft niet alleen atmosferische neerslagen (sneeuw, regen) met een hoge concentratie vrije waterstofionen, maar ook de neerslag van zure substanties bij droog weer. Uiterst kleine waterdruppeltjes die ontstaan bij de vorming van wolken, binden actief kleine deeltjes die sulfaten of zwavelzuur bevatten. Hieruit ontstaat in deze druppeltjes eerst zwaveldioxyde, wat in de vloeibare fase tot zwavelzuur oxydeert. Het water in wolken en mist kan erg zuur zijn: de pH daalt vaak tot 2,5 of lager. De gevormde regendruppels en sneeuwvlokken wassen de extra hoeveelheden zuurvormende stoffen uit de atmosfeer en voeren ze weer terug op Aarde. Bij droog weer worden zwaveldioxyde en zure deeltjes gebonden door elementen aan het aardoppervlak. Omdat planten een groot bladoppervlak hebben zijn deze zeer actief in het binden van deze stoffen.

Negatieve invloeden

Zure neerslag veroorzaakt een hele reeks negatieve verschijnselen: de verzuring van rivieren en meren, de verlaging van de produktiviteit en de beschadiging van planten, de vernietiging van naaldbos en de aantasting van metalen en stenen voorwerpen. In Scandinavië en in enkele delen van Noord-Amerika heeft de verlaging van de zuurgraad van zoet water geleid tot het geheel of gedeeltelijk verdwijnen van vissen uit duizenden meren. Hierbij bleek de economisch belangrijkste vis, de zalm, het gevoeligst te zijn voor de verzuring. De verhoging van de zuurgraad (verlaging van de pH) van het oppervlakte- en het grondwater leidt tot grotere mobiliteit van vele giftige zware metalen, waardoor hun concentratie in het drinkwater toeneemt.

Zure neerslag heeft zowel rechtstreeks als indirect invloed op de plantengroei. In het eerste geval spelen vooral stoffen een rol die zich bij droog weer binden aan het oppervlak van de bladeren. De plaatselijk hoge zuurgraad veroorzaakt erosie van het bladweefsel en vernietigt de ademhalingsfunctie en de waterbalans van de plant. Vooral naaldboomsoorten in de zomer of vroege lente hebben hier veel van te lijden, omdat zij juist dan het gevoeligst zijn voor beschadiging van naaldoppervlakken door de verstoring van de waterbalans. Indirect beïnvloedt zure neerslag de plantengroei door veranderingen van de bodemeigenschappen. De zure neerslag wast voedingsstoffen uit de bodem, vernietigt de bodemstructuur en verlaagt de produktiviteit van stikstofbindende bacteriën. Een bijzondere rol is weggelegd voor het metaal aluminium, dat in iedere bo-

TABEL 3. Bijdragen van verschillende bronnen aan de hoeveelheid zwavel in de atmosfeer

Bron	Uitworp [miljoen ton per jaar]	
	Tegenwoordig	Voor de industrialisatie
Vulkanisme	20	20
Zeezouten	140	140
Biogene emissie	70	70?
Bodemerosie door wind	20	10
Industriële processen	90	0
Totaal	340	240



Rechts: In Nederland en België wordt de schade aan monumenten door verontreinigde lucht en neerslag geschat op 45 miljoen gulden of 725 miljoen frank. Een gerestaureerd boogbeeldje op de Sint Jan in Den Bosch kijkt hier angstig omhoog, wachtend op de vernielzuchtige neerslag.

dem voldoende voorkomt. Als de pH van het bodemvocht lager wordt dan 5, neemt de oplosbaarheid van aluminium plotseling snel toe. De aluminiumzouten zijn zeer giftig voor de wortelsystemen van vele plantesoorten.

De laatste jaren zijn aanzienlijke delen van het aardoppervlak getroffen door de verzuring van het milieu. Het is belangrijk op te merken dat deze verzuring op honderden of zelfs duizenden kilometers verwijderd van de verontreinigende bron aan het licht treedt. De deelnemers aan de in 1983 in Stockholm gehouden internationale conferentie over verzuring van het milieu formuleerden de volgende conclusie: in die gebieden waar de gemiddelde pH-waarde van de atmosferische neerslag lager is dan 4,7 en waar de zwavelstroom via de neerslag meer bedraagt dan $0,5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{jaar}^{-1}$ is een negatief effect van de verzuring te ver-

wachten. Dergelijke waarden werden de afgelopen decennia regelmatig gemeten in de oostelijke delen van de VS en Canada en in alle landen van Midden- en Noord-Europa (zie figuur 2). Tot op zekere hoogte is de verzuring van het milieu ook karakteristiek voor noordwestelijke delen van de USSR.

Er staat nog een ander probleem op de agenda, ditmaal een globaal probleem. Metingen hebben een toename laten zien van de concentratie van deeltjes in de sulfaatlaag van de stratosfeer. De afgelopen jaren is de concentratie van deze deeltjes jaarlijks met 9 ± 2 procent toegenomen. Men veronderstelt dat de reden hiervan de groeiende antropogene uitworp van carbonylsulfide en koolstofdissulfide is. Het wijzigen van de eigenschappen van de sulfaatlaag in de stratosfeer kan een vernietiging van de stralingsbalans van de planeet in zijn geheel

tot gevolg hebben wat leidt tot een ernstige klimaatverandering. Zo blijken de langlevende zwavelverbindingen een belangrijke klimatologische factor te zijn.

Oplossingen

Natuurlijk blijft ook in de nabije toekomst zwavel betrokken bij de menselijke activiteiten. Erger nog, de komende decennia zal er meer zwavel uit de lithosfeer gehaald worden in de vorm van minerale brandstoffen en ertsen van non-ferrometalen.

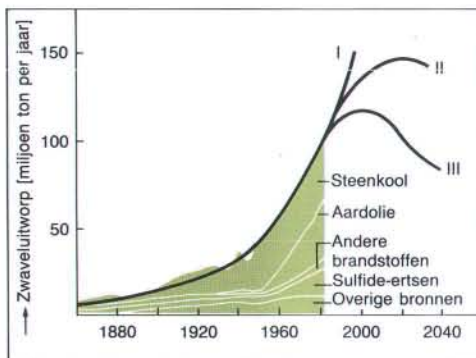
De negatieve resultaten uit het verleden, bijvoorbeeld de poging om het zwavelprobleem met hoge schoorstenen op te lossen, hebben ons geleerd dat er slechts één acceptabele weg is voor verdere technologische vooruitgang. Dat is het op grote schaal invoeren van technologieën die weinig of geen afval produceren. Hier zijn twee benaderingen mogelijk: verwijdering van zwavel uit de brandstof (het meest in aanmerking hiervoor komen aardolie, aardolieproducten en aardgas) of verwijdering uit de verbrandingsgassen.

De technische problemen van het verwijderen van zwavel uit grondstoffen of gassen zijn nu opgelost. De vrij hoge kosten verhinderen echter de invoering van deze zuiveringsmethoden op grote schaal. Economen schatten dat het verwijderen van de helft van de zwavelverontreinigingen uit brandstoffen of rookgassen de energiekosten met 15 tot 20 procent zal doen stijgen. De kosten nemen niet-lineair toe met verdere reiniging: verwijdering van 95 procent van de zwavel maakt de energiekosten al enkele malen hoger. Ondanks dat is het probleem oplosbaar. Een schitterend voorbeeld is de uitwerking van de technologie van zwaveldioxyde-afvang bij de productie van zwavelzuur. Ondanks de groei in deze productie over de gehele wereld, is de zwaveldioxyde-uitstoot in deze industriële tak minder geworden.

Naarmate de ecologische zwavelproblemen de stadsgrenzen gingen overschrijden en zelfs die van de verschillende landen, werd het steeds noodzakelijker om hun oplossingen te gaan baseren op internationale samenwerking. De eerste schreden op deze weg zijn reeds gezet. In 1979 ondertekenden de landen van Europa en Noord-Amerika een overeenkomst voor het controleren van grensoverschrijdende overdracht van verontreinigende stoffen, in

Onder: Fig. 3. De groei van de technogene uitstoot van zwavel in de atmosfeer, uitgesplitst naar de verschillende verontreinigende bronnen. Kromme I geeft de exponentiële groei van de zwaveluitstoot. Kromme II geeft een prognose van de technogene verontreiniging bij het uitblijven van de toepassing van ontzwaveling. De verlaging na 2020 wordt veroorzaakt door het uitputten van de fossiele brandstoffen. Kromme III voorspelt de technogene verontreiniging als op grote schaal ontzwaveling zal worden toegepast.

Rechts: Vooral dennenbossen hebben te lijden van de zure regen die de mineralen uit de bodem wegspoelt. Op de foto een stervend bos in de Harz in West-Duitsland.



het bijzonder van zwavelverbindingen. In 1984 verklaarde een meerderheid van de hoogontwikkelde Europese landen op een conferentie in München bereid te zijn maatregelen te nemen voor het verlagen van de zwaveluitstoot in de atmosfeer en van de grensoverschrijdende hoeveelheden zodat in 1993 noch slechts 30 procent van het huidige niveau van verontreiniging zal bestaan.

Hoe zal de toekomstige situatie er uitzien? Men kan twee scenario's bekijken (zie figuur 3): ten eerste wijdverbreide invoering van de verwijdering van zwavel uit brandstoffen en ten tweede het nalaten van het gebruik van zwavelhoudende brandstoffen. Volgens het tweede scenario (kromme 2 in figuur 3) zal de zwaveluitstoot in de atmosfeer de groei van de winning van zwavel uit de lithosfeer blijven volgen. Door uitputting van de winbare voorraden brandstoffen en ertsen aan de ene kant en de vervanging van verbrandingsenergie door kernenergie (en mogelijk kernfusie-energie) aan de andere kant zal de zwaveluitstoot dalen, waarbij in de periode van 2020-2030 een maximum bereikt zal worden (140-150 miljoen ton per jaar). Volgens het



eerste scenario zal de zwaveluitstoot al in de nabije toekomst lager worden (kromme 3 in figuur 3). Dan zal het maximum al in 2000 bereikt worden (110-120 miljoen ton per jaar). Het is erg onwaarschijnlijk dat het zal lukken op globale schaal 30 procent van de uitgestoten zwavel weg te vangen, daarom zal in 2020 de uitwerp volgens het eerste scenario niet minder dan 100 miljoen ton per jaar bedragen.

Het laat zich licht uitrekenen dat volgens het tweede scenario de komende 40 jaar $5,4 \cdot 10^3$ miljoen ton zwavel de atmosfeer zal worden ingeblazen en volgens het eerste $4,4 \cdot 10^3$ miljoen ton. Daarom zal bij een grootscheepse invoering van ontzwavelingstechnieken de mensheid geconfronteerd worden met de noodzaak om de komende 40 jaar iets te doen met ongeveer 1 miljard ton zwavel, in verbindingen die nu nog nauwelijks toegepast worden.

Aan de oplossing van alle problemen verbonden met zwavel in het milieu, wordt door vele geleerden en specialisten uit alle ontwikkelde landen samen gewerkt. Laten we hopen dat deze problemen zullen zijn opgelost voordat alle zwavel samen met de brandstoffen en ertsen uit de lithosfeer is gehaald.

Dit artikel is eerder verschenen in het julinummer 1985 van het Russische populair-wetenschappelijk blad Priroda onder de titel: 'Sera v Biosfere'. Vertaling en bewerking: dr. L.A.M. van der Heijden.

Literatuur

- Schuurkes, J.A.A.R., R.S.E.W. Leuven en J.H.D. Vangenechten, (1985). *Verzurende vennen*. Natuur en Techniek, 53, 11, pag. 840-855.
- Ulrich, B., (1984). *Wouden onder stress — Sterven onze groene longen?* Natuur en Techniek, 52, 8, pag. 582-601.
- Posthumus, A.C., (1981). *De invloed van luchtverontreiniging op planten*. Natuur en Techniek, 49, 7, pag. 488-507.
- Wendelaar Bonga, S.E., Dederen, L.H.T., (1986). *Vissen in verzuurd water*. Natuur en Techniek, 54, 7, pag. 560-569.

Bronvermelding illustraties

- Wheeler Pictures, ABC press, Amsterdam: pag. 616-617.
- Ernst Haas, Magnum, ABC press, Amsterdam: pag. 620-621.
- S. Franklin, Sygma, ABC press, Amsterdam: pag. 622-623.
- Burk Uzzle, Magnum, ABC press, Amsterdam: pag. 623.
- Instituut voor Planteziektkundig Onderzoek, Wageningen: pag. 624-625, 625 (boven).
- Jean-Noël Poisson, ABC press, Amsterdam: pag. 625 (onder).
- VVV, 's-Hertogenbosch: pag. 627.
- Wolfgang Steche, Visum, ABC press, Amsterdam: pag. 629.

S.L. Bonting
*Katholieke Universiteit
Nijmegen*

LEVEN ZONDER ZWAARTEKRACHT

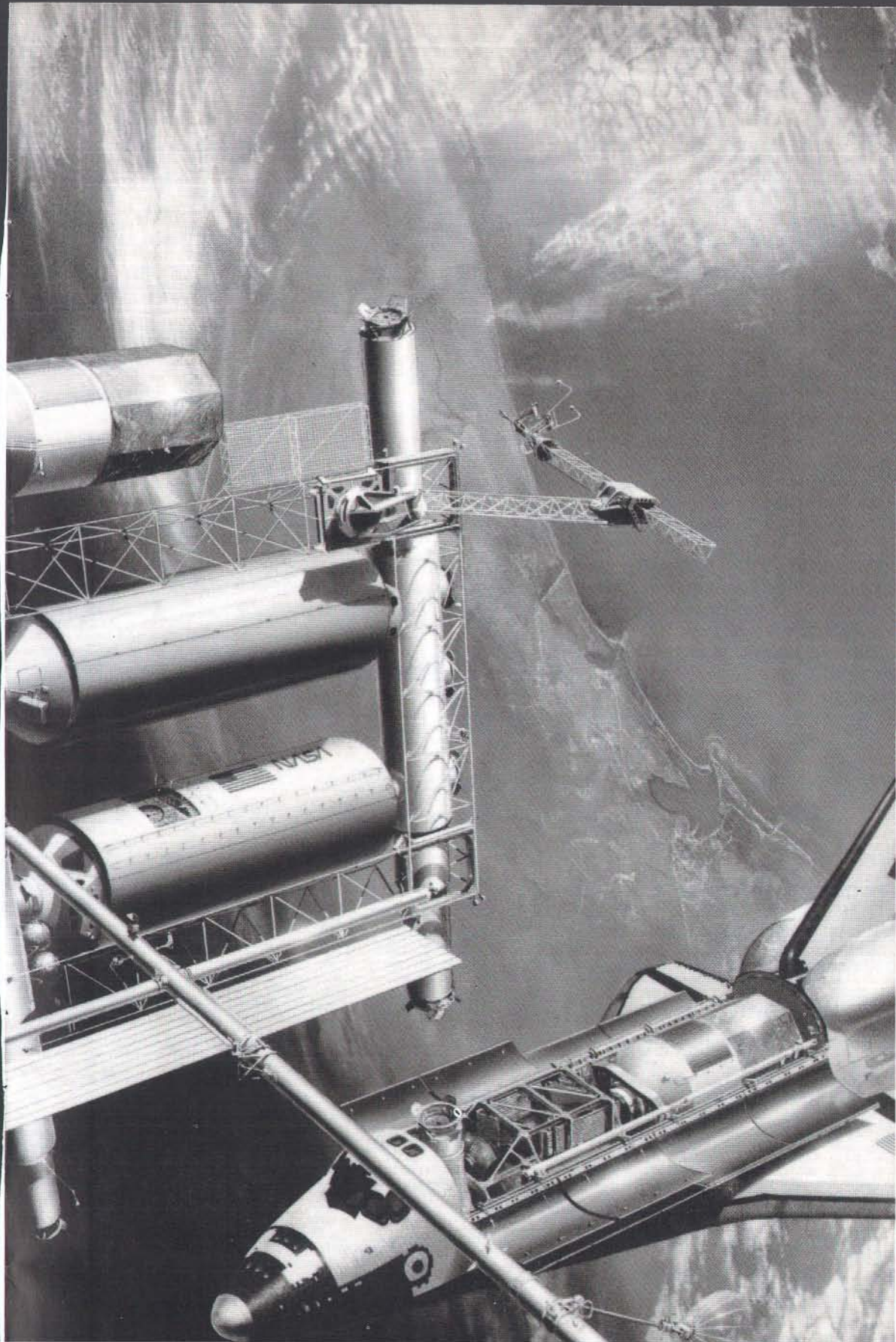
Biologisch onderzoek in de ruimte

De ontwikkeling van de ruimtevaart is, ondanks recente tegenslagen nu zover gevorderd dat de plannen voor permanent bemande ruimtestations op afzienbare termijn gerealiseerd gaan worden.

Dit betekent dat de wetenschap nog ruimer de beschikking zal krijgen over een heel bijzonder laboratorium, namelijk een waar de aardse zwaartekracht is uitgeschakeld. Allerlei biologische en biochemische processen verlopen dan ineens heel anders. Deze nieuwe dimensie kan tot een belangrijke uitbreiding van de fundamentele kennis van het leven leiden. Biologisch onderzoek in de ruimte is echter ook van belang om het voor mensen mogelijk te maken daar langere tijd te vertoeven.

Een van de vele impressies van hoe het toekomstige NASA-ruimtestation er uit zal gaan zien. Hoe de werkelijkheid ook uitvalt, zeker is dat in dergelijke stations veel biologisch en medisch onderzoek zal plaatsvinden, niet alleen met het doel onze kennis te vergroten, maar ook om een langdurig verblijf in de ruimte mogelijk te maken.





Biologisch onderzoek in de ruimte

De ruimte is het vierde leefmilieu van de mens, na aarde, zee en dampkring. De mogelijkheden om in dit vierde leefmilieu te leven en te werken, wordt op steeds complexer en gedetailleerder wijze onderzocht. In krap 20 jaar zijn we van de éénpersoons capsules waarmee Gagarin en later Glenn rond de Aarde cirkelden terecht gekomen bij ruimtestations als Skylab en Salyut en bij de Space Shuttles, die na ruimtevluchten van meerdere dagen als een zweefvliegtuig kunnen landen.

De ramp met de Challenger, een van de vier tot nog toe gebouwde Space Shuttles, zal geen verandering, hooguit vertraging, brengen in de plannen voor bemande missies in de ruimte. Tot die plannen behoort het construeren van een permanent bemand ruimtestation in de jaren negentig. Van daaruit hoopt men in de volgende eeuw bemande missies naar Mars en de kolonisatie van de Maan uit te voeren. Bovendien zullen vanuit dit ruimtestation onderhoudswerkzaamheden aan de ruimtetelescoop en andere satellieten verzorgd worden.

Met het doorgaan van de bemande ruimtevaart is ook de behoefte aan biologisch onderzoek in de ruimte gegeven. In de afgelopen 25 jaar is men al veel te weten gekomen over de effecten van gewichtloosheid en zware-deeltjesstraling op levende organismen. Toch is onze kennis nog zeer beperkt. De reden hiervoor is dat het aantal proefnemingen, als gevolg van het beperkte aantal vluchten, te klein is om statistisch geldig conclusies te trekken. Bovendien heeft het vaak ontbroken aan betrouwbare controle-experimenten, waardoor het onzeker is waaraan sommige waargenomen feiten toegeschreven moeten worden. Er is daarom een duidelijke behoefte aan voortzetting, uitbreiding en verdieping van het biologisch onderzoek in de ruimte.

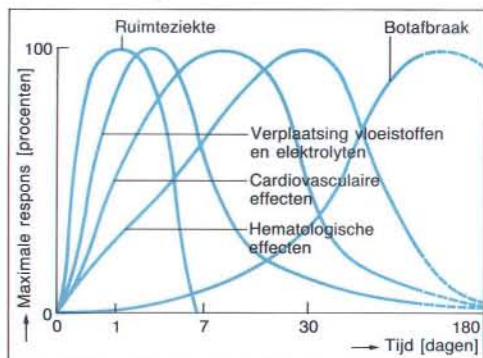
Onderzoekthema's

Het leven op Aarde heeft zich miljoenen jaren kunnen ontwikkelen onder invloed van een continue en overal aanwezige zwaartekracht en in afwezigheid van noemenswaardige zware-deeltjesstraling. Biologisch ruimteonderzoek zou ons kunnen leren wat dit betekend heeft voor de evolutie en het functioneren van het dierlijk en plantaardig leven. Daar-

onder valt ook het exobiologisch onderzoek naar de vraag hoe en waar de eerste biomolekulen zijn gevormd en hoe hieruit de eerste vormen van leven konden ontstaan. De exobiologie is de tak van wetenschap die zich met het voorkomen van leven op andere hemellichamen dan de Aarde bezighoudt.

Van rechtstreeks belang voor de bemande ruimtevaart zijn de effecten van een verblijf in de ruimte op levende wezens. Het is nodig deze gedetailleerd te kennen, bijvoorbeeld om maatregelen te kunnen nemen tegen verschijnselen als botafbraak, spieratrofie (vermindering van de spiermassa) en stralingseffecten.

Voor zeer langdurig verblijf in de ruimte is het nodig om een gesloten ecologisch onderhoudssysteem (CELSS: Closed Ecological Life Support System) te ontwikkelen. Zo'n systeem behelst het inschakelen van planten om bijvoorbeeld het door de ademende ruimtevaarders geproduceerde koolzuurgas via de fotosynthese weer om te zetten in zuurstof. Daar-



naast zullen het gebruikte water gezuiverd en de afvalstoffen opgeruimd moeten worden, een taak voor microorganismen.

Voor het grotere aantal mensen dat tegelijk in de ruimte zal zijn, moet een medisch verzorgingssysteem van aardse kwaliteit ontwikkeld worden, uiteraard met veel minder uitgebreide onderzoek- en behandelingsfaciliteiten. Dit vergt veel nieuwe medische technologie.

Een heel ander onderzoeksthema betreft de benutting van de gewichtloosheid voor de isolatie en zuivering van biologische produkten die van farmaceutisch belang kunnen zijn, zoals hormonen, antilichamen, maar ook menselijke en dierlijke cellen. Ook de kristallisatie van eiwitten ten behoeve van een latere bepaling van de drie-dimensionale structuur van het molecuul valt onder dit thema, dat ook wel *bioprocessing in space* genoemd wordt.

Uiteraard houdt men bij dit onderzoek een mogelijk spin-off naar aardse toepassing in het oog. Zo zou het onderzoek naar de effecten

van gewichtloosheid wel eens toegepast kunnen worden bij de behandeling van patiënten die aan botafbraak en spieratrofie lijden als gevolg van langdurige bedrust. Hetzelfde geldt voor technieken om 'op afstand' medische diagnoses te stellen en klinisch chemische bepalingen in bloed en urine te doen met zogenaamde dry chips door de huisarts.

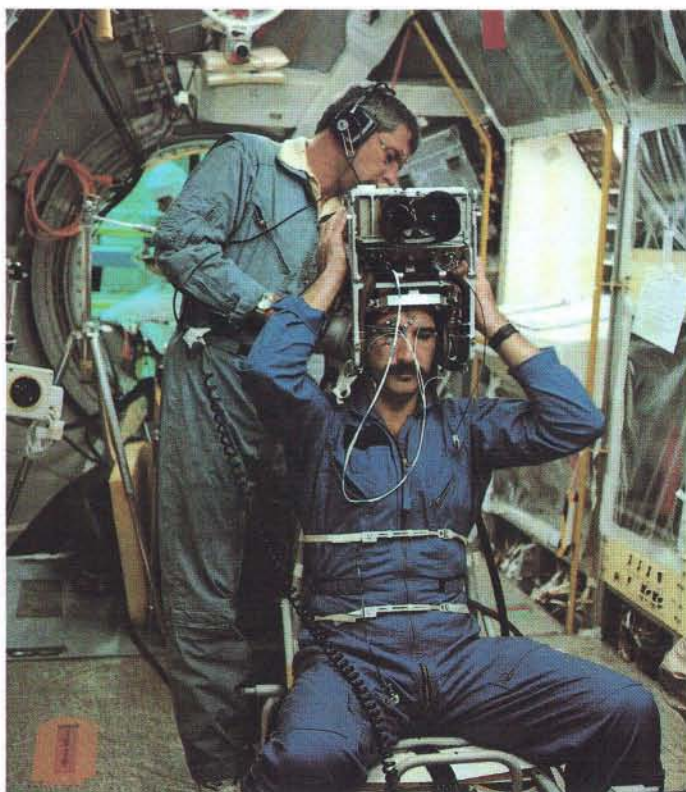
Binnen deze hoofdthema's wordt een groot aantal deelonderzoeken gedaan. De belangrijkste daaruit voortgekomen inzichten en vraagpunten zullen hier de revue passeren.

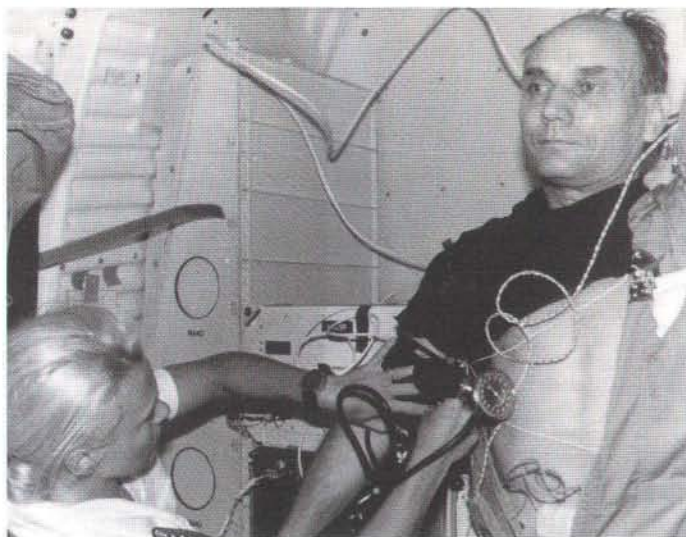
Effecten van gewichtloosheid

Het onderzoek naar de gevolgen van gewichtloosheid heeft aan het licht gebracht dat een zestal effecten steeds opnieuw optreedt: ruimteziekte, een vloeistofverplaatsing van benen naar bovenlichaam, cardiovasculaire deconditionering, afname van de rode bloedcel-massa, spieratrofie en botafbraak (zie fig. 1).

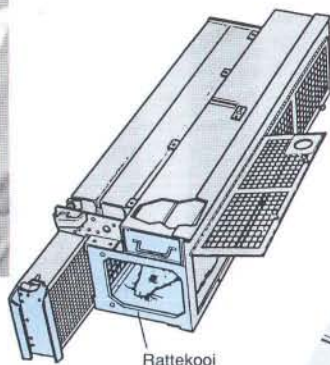
Links en rechts: Bijna driekwart van de astronauten krijgt tijdens de vlucht last van ruimteziekte. De verschijnselen doen sterk denken aan aardse reisziekten, maar de middelen daartegen werken nauwelijks. Om meer over dit fenomeen te weten te komen, is in Spacelab D-1 een ruimteslede (rechts) gemonteerd. Daarmee werd in de ruimte de zwaartekracht gesimuleerd, terwijl men gelijktijdig het evenwichtsorgaan bestudeerde. De samenhang met het gezichtsvermogen onderzoekt men met een speciale camerahelm (links).

Linksonder: Fig. 1. Het lichaam reageert op verschillende manieren op gewichtloosheid. De volgorde waarin verschijnselen optreden, is in deze figuur weergegeven. Spieratrofie is niet opgenomen, deze treedt gelijktijdig op met de cardiovasculaire effecten. Spieratrofie neemt na verloop van tijd echter niet af, maar houdt aan.





Boven: Voortdurend worden tijdens een ruimtevlucht allerlei medische waarnemingen aan de astronauten gedaan. Hier wordt de bloeddruk van Jake Garn gemeten.

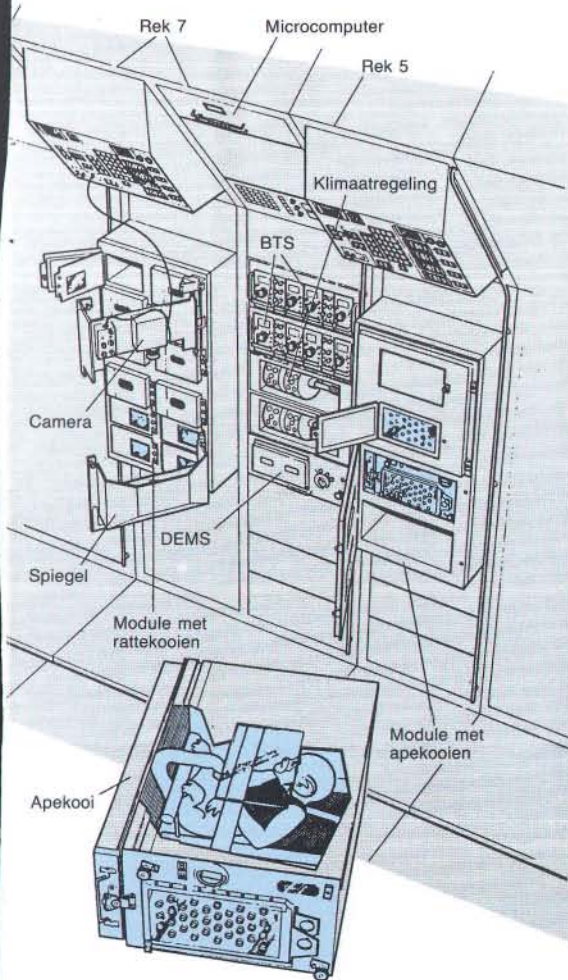


Rechts: Fig. 2. De tekening geeft een overzicht van de Research Animal Holding Facility. Deze kan 24 ratten en vier kleine apen bevatten. Het middelste rek bevat de apparatuur die het klimaat in de kooien regelt. Op de foto kijkt astronaut William Thornton naar aapjes in de ruimte.



In de eerste paar dagen van een ruimtevlucht blijkt 70 procent van de astronauten last van ruimteziekte te krijgen: ze worden duizelig, misselijk en krijgen te kampen met ruimtelijke desoriëntatie. Deze verschijnselen treden vooral op bij plotselinge bewegingen van het hoofd. De oorzaak wordt gezocht in willekeurige bewegingen van de gehoorsteentjes in het evenwichtsorgaan in afwezigheid van de zwaartekracht. Dit leidt tot abnormale signalen naar de hersenen, die bovendien niet kloppen met signalen die de hersenen vanuit het gezichtsorgaan bereiken. Vorig jaar oktober is tijdens de vlucht van Spacelab D-1, met behulp van een speciale ruimteslede al onderzoek naar ruimteziekte gedaan. Het inzicht in de oorzaken is echter nog gebrekkig. Zo is het on-

mogelijk om voor de vlucht astronauten te selecteren op hun gevoeligheid voor ruimteziekte. Ook het gebruik van middelen tegen reisziekte op Aarde blijkt weinig of geen effect te hebben. Men zal dus moeten zoeken naar mogelijkheden om ruimteziekte te voorkomen. Een houvast daarbij is het gegeven uit dierexperimenten dat de afbraak van haarcellen van het evenwichtsorgaan, die bij gewichtloosheid optreedt, tegengegaan kan worden.



Vrij snel na de lancering, binnen drie tot zes uur, krijgen astronauten 'spinnepoten' en opgeblazen wangen. De oorzaak daarvan is de verplaatsing van circa twee liter lichaamsvloeistof van de onderste ledematen naar het bovenlichaam. Op welke manier en onder invloed van welke krachten de vloeistof, die zich normaal grotendeels buiten de bloedvaten bevindt, via de bloedvaten naar boven gedreven wordt en waar deze vloeistof dan blijft, is nog volsterkt duister. Dat geldt ook voor de oorzaken van de cardiovasculaire deconditionering (het abnormaal functioneren van hart en bloedvaten) en het optredende verlies van water en elektrolyten.

Enig inzicht bestaat wel in de oorzaken van de lange-termijneffecten: verlies van rode

bloedcelmassa, botafbraak en spieratrofie. De twee laatste effecten werden bij de mens aanvankelijk pas na vier weken opgemerkt en leken zich te beperken tot de gewichtdragende botten en de bijbehorende spieren. De verklaring werd daarom gezocht in een direct effect van het wegvallen van de zwaartekracht. Men liet de astronauten daarom extra lichaams-oefeningen doen en diende hen extra calcium toe. Dit bracht geen verbetering. Uit nader onderzoek bleek dat de drie effecten veroorzaakt werden door een vertraagde opbouw en niet door een versnelde afbraak van weefsel. Uit experiment in het Spacelab in mei 1985 met 24 ratten (fig. 2) bleek dat de spieratrofie en botafbraak al na zeven dagen aantoonbaar waren, terwijl de botafbraak ook gevonden werd in de ribben en het schouderblad.

Bij een dergelijk algemeen verschijnsel denkt men al gauw aan een hormoon als oorzaak. Nu was bij toeval bij een eerdere ruimtevlucht ontdekt dat de afscheiding van groeihormoon door cellen van de hypofyse 95 procent daalde ten opzichte van de aardse omstandigheden. Teruggaande naar de bloedanalyse van de astronauten van het Skylab-programma (1973-1974), vond ik een daling van circa vijftig procent van de groeihormoonspiegel in het plasma na twee maanden. Twee weken na de landing was het niveau weer normaal. Dit suggereert dat toediening van extra groeihormonen deze effecten, die nu een limiet stellen aan het verblijf in de ruimte, zou kunnen tegengaan. Ook hier is verder onderzoek nodig.

Plantenfysiologisch onderzoek

Op Aarde wordt de groei-richting van wortels, stengels en bladeren bepaald door de richting van de zwaartekracht. Dat wortels naar beneden groeien wordt verklaard door aan te nemen dat zware zetmeelkorrels in het cytoplasma van de cellen aan de worteltop hierbij een rol spelen (zie fig. 3). Als deze afzetting in de goede richting plaatsheeft, komen calciumionen vrij die de stoot geven tot afscheiding van het groeihormoon auxine. Toekomstig onderzoek zal moeten uitwijzen hoe dit proces onder gewichtloze omstandigheden verloopt. Even fundamenteel van karakter is het onderzoek naar de verminderde aanmaak van lignine (houtstof), die bij eerdere ruimtevluchten gevonden is.

Botanici zijn ook nauw betrokken bij de ontwikkeling van het al genoemde gesloten ecologisch onderhoudssysteem CELSS. Op grond van kleinschalige experimenten op Aarde verwacht men met een installatie van 50 m³ met cultures van tarwe, aardappel, sojabonen, waterhyacint en *Chlorella*-algen acht personen continu te kunnen onderhouden. Voordat er echter een operationele installatie is, zal nog veel onderzoek nodig zijn. Men hoopt tegen de eeuwwisseling zover te zijn.

Celfysiologisch onderzoek

Bij vroegere ruimtevluchten is onderzoek gedaan aan de groei en het gedrag van ééncelligen en celcultures. Men vond maar weinig effecten. Met de thans beschikbare waarnemings- en analysemethoden werden echter enige belangwekkende verschijnselen waargenomen. Zo was bij de vlucht van Spacelab 1 een kunstmatige kweek van witte bloedcellen aan boord. Na toediening van een stof die de celdeling bevordert, bleek dat de woekering maar drie procent bedroeg van die welke op Aarde opgetreden zou zijn. Toch was bijvoorbeeld de vorm van de cellen en hun glucoseverbruik nauwelijks veranderd. Tijdens de D-1 vlucht

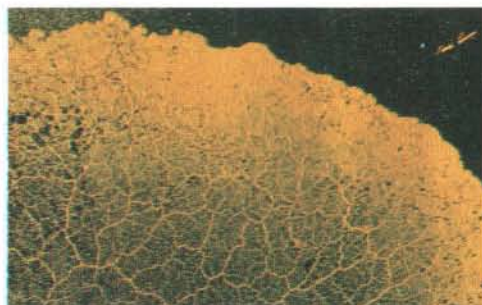
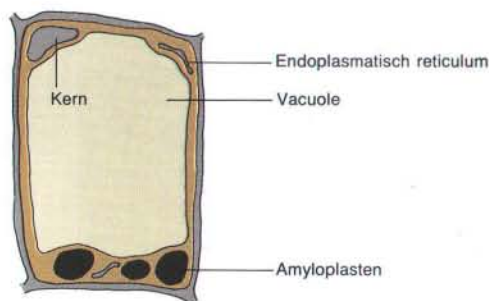
(oktober 1985) is met de 'biorack-faciliteit' van ESA geconstateerd, dat in allerlei cellen bij gewichtloosheid de celvermeerdering versneld en de celdifferentiatieprocessen vertraagd is.

De al vermelde daling van de groeihormoonaf scheiding was des te opvallender omdat de hypofysecellen die het hormoon prolactine afscheiden, dit normaal deden. Een verklaring van het verschillende gedrag van beide celtypen zou kunnen zijn dat de neurosecretgranula, die in de cel het hormoon bevatten, in de cellen die groeihormoon produceren het zwaarst zijn van alle celtypen in de hypofyse.

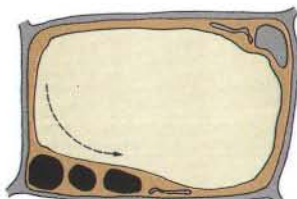
Uit deze voorbeelden blijkt dat ook op celfysiologisch gebied het onderzoek nog veel interessants kan opleveren. Dit is van groot praktisch belang, omdat celcultures wel eens een belangrijke rol zouden kunnen gaan spelen in het voeden van de toekomstige ruimtekolonisten en bij bioprocessing in space.

Bioprocessing in space

De zwaartekracht op Aarde blijkt een beperkende factor te zijn bij de zuivering door middel van *elektroforese* van bepaalde cellen en eiwitten. Elektroforese is een scheidingsmethode waarbij gebruik gemaakt wordt van



Boven en rechts: Fig. 3. De tekening boven toont een cel uit een verticaal gerichte worteltop op Aarde, rechts zien we wat er gebeurt als deze 90° gekanteld wordt. De amyloplastkorrels verschuiven in 2 à 3 minuten volgens de pijl. Dit leidt in een kwartier tot een verminderde groeisnelheid, waardoor correctie van de groeirichting optreedt.



ladingsverschillen tussen eiwitmolekulen. In de ruimte is het mogelijk een vier maal hogere zuiverheid van met name sterk wateroplosbare eiwitten te realiseren, terwijl men bovendien op een 400 maal grotere schaal kan werken. Deze factor 400 berust voor een groot deel op de verhoging van de eiwitconcentratie die bij gewichtloosheid mogelijk is, mits het eiwit tot die concentratie oplosbaar is. Zuivering in de ruimte kan daarom commercieel aantrekkelijk zijn voor bedrijven die eiwitten op de markt brengen, die in zeer kleine doses een hoge therapeutische waarde hebben.

Voor levende cellen met therapeutische waarde heeft de methode nog grotere voordelen, omdat de beperkingen van de scheidingstechniek op Aarde nog veel groter zijn. Men kan hierbij denken aan cellen, die na implantatie in het lichaam bepaalde ziekteverwekkende afwijkingen kunnen opheffen, bijvoorbeeld de implantatie van bètacellen uit de alvleesklier bij insuline-afhankelijke suikerpatiënten.

De elektroforetische scheiding van cellen die een bepaald gewenst produkt afscheiden, zou gekoppeld kunnen worden aan kweek van die cellen in de ruimte. Dit produkt zou dan door middel van dialyse uit het kweekmedium geïsoleerd kunnen worden, waarna het verder

gezuiverd kan worden. Voordat dergelijke gecompliceerde processen op betrouwbare wijze in een ruimtestation uitgevoerd kunnen worden, moet een formidabel aantal technische problemen opgelost worden. Het is de bedoeling dat op komende ruimtevluchten verder aan de ontwikkeling van de benodigde apparatuur gewerkt wordt.

Naast de elektroforetische zuivering is de kristallisatie van eiwit bij gewichtloosheid een techniek die voor farmaceutisch onderzoek van belang kan zijn. Op Aarde blijkt het erg moeilijk te zijn om eiwitkristallen te maken die voldoende groot en zuiver zijn om met röntgendiffractie de driedimensionale structuur op te helderen. Als men deze van bijvoorbeeld enzymen, eiwithormonen of hormoonreceptoren kent, kan men gericht werken aan de ontwikkeling van farmaca die daarop aangrijpen. Dat geldt met name voor in water niet-oplosbare membraangebonden eiwitten, waarvan nog maar één voorbeeld bekend is van een succesvolle kristallisatie op Aarde.

Pogingen om dergelijke eiwitten in de ruimte te laten kristalliseren, waren succesvol. Tijdens de Spacelab 1-vlucht in november 1983 zijn goede kristallen van de eiwitten lysozym en β -galactosidase verkregen. Op grond van

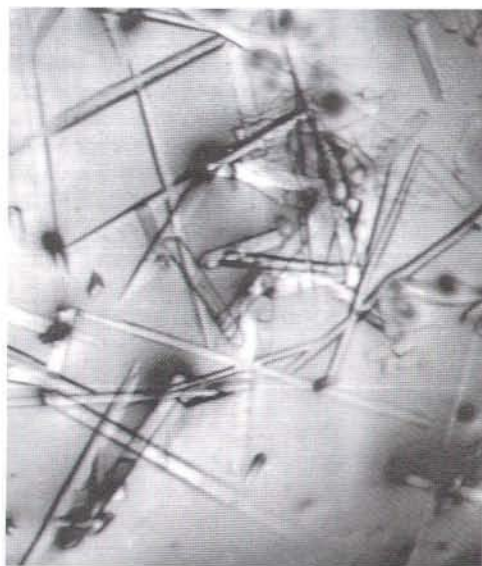
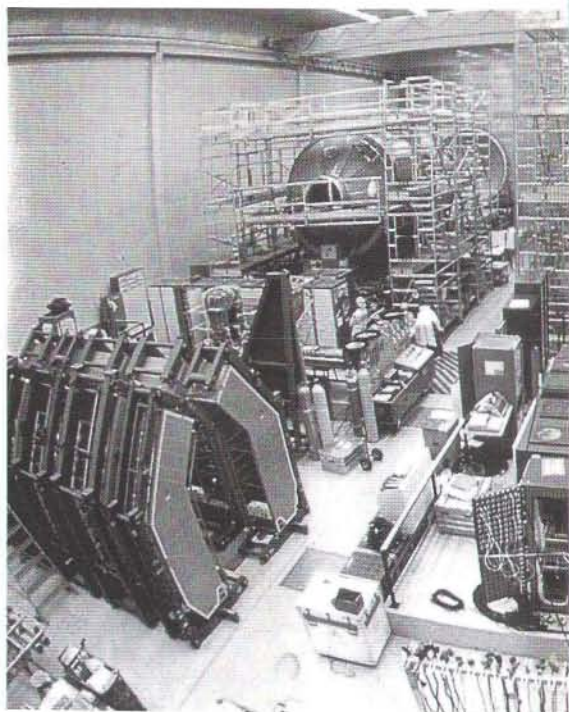
Links: De schimmel *Physarium polycephalum* heeft cellen die ritmisch samentrekken. Dat maakt hem tot een geschikt organisme om de invloed van gewichtloosheid op processen in de cel te onderzoeken.

Rechts: Astronaut Charles D. Walker neemt hier een monster uit de kolom van de elektroforese-eenheid, die in augustus 1984 in de Space Shuttle geïnstalleerd was. In dit experiment ging het in het bijzonder om de zuivering van hormonen in de ruimte te onderzoeken.



deze resultaten is door ESA een volledig geautomatiseerd eiwitkristallisatieapparaat, de Protein Crystallization Facility (PCF), ontwikkeld. Dit apparaat wordt in 1988 op het vrijvliegend platform Eureka in een baan om de Aarde gebracht, om zes maanden later weer opgehaald te worden. Na verdere vluchten in 1990 en 1991 zal een veel groter apparaat in het ruimtestation geplaatst worden.

Een derde techniek die hier besproken moet worden is de elektrofusie van cellen om de genetische inhoud van een celtype in te bouwen in een ander celtype. De gefuseerde cellen kunnen dan gekweekt worden voor de productie van monoclonale antistoffen of voor de ontwikkeling van planten en microorganismen met bepaalde gewenste eigenschappen. Bij elektrofusie wordt een constant gelijkspanningsveld gebruikt om cellen aan elkaar te doen kleven en een spanningsstoot om de fusie te brengen. In afwezigheid van de zwaartekracht kan men volstaan met veel lagere spanningen, zodat de cellen minder beschadigd worden en het fusierendement groter wordt.



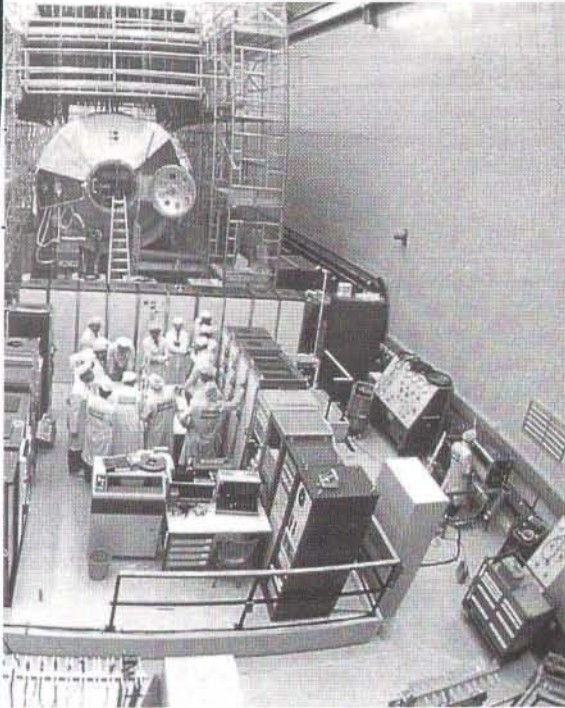
Boven: Onder aardse omstandigheden is het erg moeilijk om bepaalde eiwitten te laten kristalliseren. Deze foto laat zien dat in afwezigheid van zwaartekracht zeer fraaie kristallen van het enzym β -galactosidase gemaakt kunnen worden.

Het instrumentarium

NASA gaat begin jaren negentig een permanent bemand ruimtestation in een lage baan rond de Aarde brengen. Daarvoor is een bedrag van acht miljard dollar beschikbaar. Op verzoek van NASA doet de Europese ruimtevaartorganisatie ESA voor twee miljard dollar mee in het project. Ook Japan en Canada dragen erin bij. Daarnaast zal ESA in de toekomst ook zelf een ruimtestation, Columbus, lanceren en werkt men aan de ontwikkeling van een grotere Arianeraket, om daarmee een klein ruimteveer, de Hermes, in een omloopbaan te kunnen brengen.

Wat de in de ruimtestations uit te voeren biologische programma's betreft, is het opvallend dat de door NASA, ESA en Japan afzonderlijk voorgestelde programma's voor een groot deel met elkaar overeenstemmen. Door samenwerking kan daardoor alleen al op het benodigde instrumentarium zo'n 130 miljoen dollar bezuinigd worden (zie ook de tabel).

De grote uitdaging voor de hierbij betrokken onderzoekers en ingenieurs is om zoveel



Links: Spacelab in opbouw in Bremen: links op de voorgrond staat een aantal rekken klaar om in de Flight Unit linksachter geplaatst te worden. Ieder experiment aan boord van Spacelab is in een dergelijk rek ondergebracht, terwijl er ook rekken zijn met reken- en registratieapparatuur, broedstoven enzovoorts.

TABEL Voorgestelde instrumentele faciliteiten voor biologisch onderzoek in het ruimtestation

Faciliteit	Aantal [rekkenequivalenten]	
	NASA	ESA
Menselijke fysiologie	1	2
Dierfysiologie	4	0
Plantenfysiologie	0	2
Celfysiologie	0	2
Bioprocessing faciliteit	0	2
Laboratoriuminstrumenten	2	2
Glovebox werk kast	2	0
Koelboxen/vriezers	0	2
Additionele apparatuur	8,5	0
Centrifuge voor kunstmatige zwaartekracht	4	0

jaren van tevoren een programma en een samenhangend geheel aan instrumenten te ontwerpen, die up-to-date zijn op het moment dat de uitvoering begint. Dat vereist veel studie en een grote flexibiliteit in denken zowel als uitvoering. Dit betekent dat het onderzoeksprogramma waarschijnlijk jaarlijks bijgesteld zal moeten worden.

Voor de instrumentele faciliteiten zal men veelal uitgaan van de ontwerpen van de Shuttle-Spacelabcombinatie, al zullen er aanpassingen nodig zijn aan de ruimtestationmodules en aan de vaak veel langere duur van de experimenten. En natuurlijk moet men zo veel mogelijk zien te profiteren van de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van automatisering en instrumentatie. Vooral automatisering is belangrijk, omdat het aantal manuren van de bemanning de meest beperkende factor lijkt te zullen worden.

De ontwikkeling van een ruimtestation is een uitermate ambitieus project, maar het wetenschappelijk belang en de betekenis voor de verdere ruimte-avonturen van de mens wet- tigen de vereiste inspanning.

Bij de bewerking van dit artikel hebben wij didactische adviezen gehad van drs. M.W. Halsema, hoofd docent biologie aan de Lerenopleiding Zuidwest-Nederland te Delft.

Literatuur

- Israel, F.P., (1981). *Space Shuttle – Startpunt voor toekomstige ruimtevluchten?* Natuur en Techniek, 49, 10, pag. 738-757.
 Titulaer, Chr., (1983). *Leven in ruimte – Technisch mogelijk, maar...* Natuur en Techniek, 51, 7, pag. 472-487.

Bronvermelding illustraties

- Boeing Aerospace, Seattle, Wash.: pag. 630-631.
 DFVLR, Köln: pag. 632, 636, 638.
 Chriet Titulaer, Houten: pag. 633.
 NASA: pag. 634.
 McDonnell-Douglas, St. Louis, Mo.: pag. 637.
 ESA, Noordwijk: pag. 638-639.

EURO
ARTIKEL



H. Kuipers
*Rijksuniversiteit Limburg
Maastricht*

UITPUTTING EN RECUPERATIE

De fysiologie van extreme inspanningen

Sportieve activiteit wint nog steeds aan populariteit. Het aantal mensen dat meedoet aan marathons en triathlons is groeiende. Regelmatige fysieke inspanning bevordert een goede gezondheid en helpt bij het voorkomen en bestrijden van welvaartsziekten als hart- en vaatziekten, overgewicht, suikerziekte en slecht ter been zijn op oudere leeftijd.

Sportbeoefening kent echter ook een aantal ongunstige aspecten. Het veelvuldig voorkomen van sportblessures levert hiervoor het bewijs. Verder vragen zware inspanningen als marathons en triathlons, zeker als ze onder extreme omstandigheden plaatsvinden, zoveel van het lichaam dat levensbedreigende ontsporingen van lichaamsfuncties op kunnen treden.

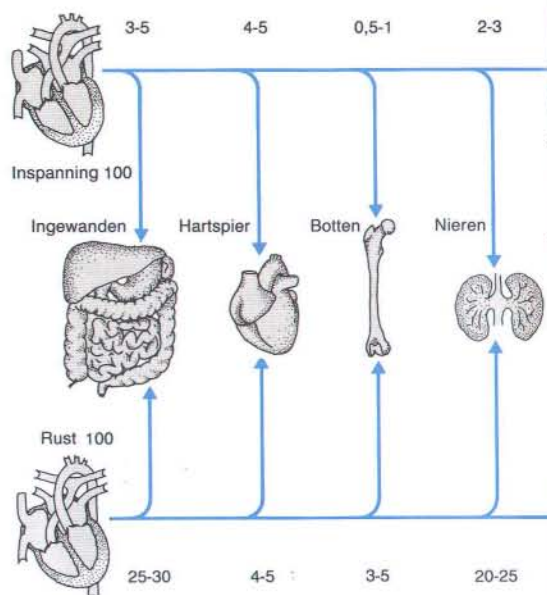
Extreme inspanningen vragen een nauwkeurige voorbereiding, zowel lichamelijk als mentaal. Alleen met een goed voorbereid en verzorgd lichaam zijn zij op te brengen. De Zwitserse marathonloopster Andersen-Schiess verwaarloosde de verzorging; zij dronk tijdens haar tocht te weinig en kreeg daardoor last van oververhitting.

Fitheid in een historisch perspectief

Sport en trimmen zijn als maatschappelijk verschijnsel niet meer weg te denken uit onze maatschappij. Evenementen als een marathon, triathlon en de Elfstedentocht hebben de laatste jaren een massaal karakter gekregen. Startten zo'n twintig jaar geleden bijna uitsluitend topatleten in een marathon, nu vormen zij in het deelnemersveld een kleine minderheid. Dat veld bestaat nu voornamelijk uit mannen en vrouwen tussen de twintig en zestig jaar, die enkel en alleen voor hun plezier een marathon gaan lopen. Uitlopen is voor hen belangrijker dan winnen. De deelname van vrouwen aan marathons is nog maar van de laatste jaren; tot 1974 konden zij niet officieel aan marathons meedoen. Zo probeerde de organisatie van de marathon in Boston nog in 1967 om Cathy Switzer, die heimelijk meeliep, met geweld uit de race te halen.

Het propageren van trimmen en fitheid startte in de jaren zeventig en kwam voort uit het groeiende besef bij medici, dat een zittende leefwijze, die voor steeds meer mensen normaal is, in vele opzichten nadelig voor de gezondheid is. Zwaarlijvigheid, obstipatie, darmafwijkingen, vergroot risico van hart- en vaatziekten, lage fitheid, suikerziekte op latere leeftijd en verminderde mobiliteit bij bejaarden, zijn potentiële gevolgen van een zittende leefwijze. Voldoende lichaamsbeweging is ook essentieel voor een evenwichtige lichamelijke ontwikkeling bij jongeren.

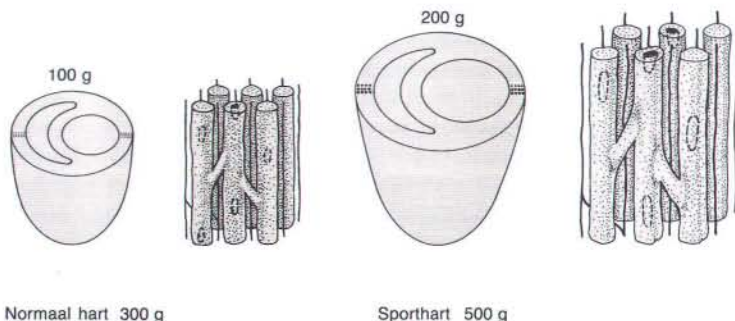
In vroeger jaren werd sport als gevaarlijk voor de gezondheid beschouwd. Zo werd de verplichte sportkeuring in Nederland rond 1930 ingevoerd, omdat medici toen meenden, dat het beoefenen van sport voor het snel toe-



nemend aantal sporters bepaald niet ongevaarlijk was. De laatste jaren wordt door geneeskundigen positiever over lichamelijke inspanning gedacht.

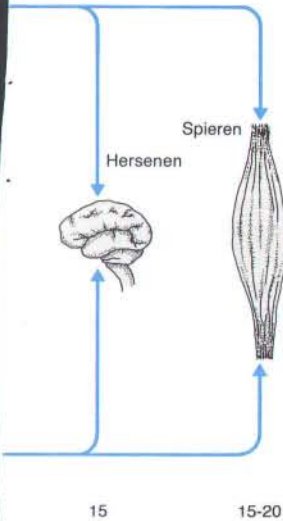
Bij de behandeling van overgewicht, suikerziekte op oudere leeftijd en verschillende andere ziektes, wordt regelmatige lichaamsbeweging voorgeschreven. Ook bij de revalidatie van patiënten met hart- en vaatziekten maakt een trainingsprogramma vaak deel uit van de behandeling. De gunstige effecten voor de gezondheid ontstaan vooral bij duuractiviteiten als fietsen, (hard)lopen, zwemmen en roeien. Bij krachtporten en kortdurende explosieve activiteiten zijn de genoemde effecten in veel mindere mate, of niet aanwezig.

Rechts: Fig. 1. Het hart van actieve sporters is groter dan dat van ongetrainde mensen. In deze figuur is het hart gereduceerd tot een schema van beide hartkamers. De afzonderlijke spiervezels in een sporthart zijn veel groter dan normaal.



4-6

80-85



Links: Fig. 2. De verdeling van het bloed in het lichaam verandert bij de overgang van rust naar fysieke arbeid. In rust (onderste helft) krijgen de spieren maximaal 20 procent van het door het hart uitgespompte bloed. Bij zware inspanning loopt dit op tot boven de 80 procent. Daar komt nog bij dat het hart tijdens de inspanning tot vijf maal zoveel bloed verwerkt.

Rechts: Lichaamsbeweging geldt als een belangrijk middel om zwaarlijvigheid te bestrijden.



Fysiologie van duurprestaties

Bij elke lichamelijke inspanning moeten de bij de activiteit betrokken spieren uiteindelijk het benodigde vermogen leveren. Het arbeidsvermogen van de spieren bij duuractiviteiten wordt vooral bepaald door de hoeveelheid energie die per tijdseenheid kan worden vrijgemaakt door oxydatie van voedingsstoffen. Daar de oxydatie plaatsvindt in de mitochondriën van de spiercel is de mitochondriale inhoud daarvan mede bepalend voor het prestatievermogen.

Een andere essentiële schakel voor de oxydatie is de aanvoer van zuurstof. De zuurstof is in het bloed gebonden aan hemoglobine en de maximale hoeveelheid zuurstof die in een liter bloed kan worden gebonden is ongeveer 200 ml. Daarvan kan echter slechts zo'n 165 ml ook daadwerkelijk worden afgegeven. Door het opvoeren van het hartminutenvolume kan het zuurstoftransport worden verhoogd. Het hartminutenvolume is het produkt van de hoeveelheid bloed die per slag kan worden uitgespompt (slagvolume) en het aantal keren dat het hart per minuut samentrekt. Het hartminutenvolume bedraagt in rust ongeveer 5 liter en kan bij maximale inspanning tot 15 à 20 liter oplopen. Zeer goed getrainde atleten hebben een maximaal slagvolume dat wel

200 ml kan zijn (tegen 100 ml bij ongetrainden) en kunnen een hartminutenvolume van wel 35 à 40 liter halen.

De gasuitwisseling tussen bloed en buitenlucht vindt plaats in de longen. De hoeveelheid lucht die in rust verplaatst wordt is ongeveer 6 liter per minuut en kan bij zware inspanning oplopen tot tussen de 100 en 200 liter per minuut. Tijdens fysieke inspanning vindt er een herverdeling van bloed plaats. In het maag-darmstelsel, de nieren, de huid en niet-werkende spieren treedt een vaatvernauwing op, terwijl in de werkende spieren een vaatverwijding optreedt. Hierdoor gaat tijdens inspanning het grootste deel van het hartminutenvolume naar de werkende spieren.

Van de hoeveelheid energie die tijdens inspanning in de spieren wordt vrijgemaakt, kan maar een kwart worden omgezet in uitwendige arbeid. De rest komt vrij als warmte die de lichaamstemperatuur tientallen graden zou doen stijgen, als ze niet werd afgegeven. Bij de warmteafgifte speelt de zweetsecretie een belangrijke rol. Door verdamping van het zweet koelt het lichaamsoppervlak af. Het bloed, dat door de huid stroomt, geeft warmte af aan de koelere buitenzijde. Door voortdurende verdamping van zweet wordt die warmte weer aan de huid onttrokken, zodat er een continue stroom van warmte vanuit het lichaam naar de



buitenlucht wordt onderhouden. De verdamping, en daardoor ook de warmte-afgiftecapaciteit, worden verhoogd door een lage luchtvochtigheid, stroming van de lucht en een verhoging van de lichaamstemperatuur. Toch stijgt de lichaamstemperatuur ondanks de warmte-afgifte tijdens inspanning enkele graden. Deze stijging hangt af van de zwaarte van de inspanning en blijft na het bereiken van een zekere waarde verder constant. De temperatuurstijging treedt op als gevolg van een hogere instelwaarde voor de lichaamstemperatuur door het temperatuurregulatiecentrum in de hersenen. De lichaamstemperatuur stijgt tijdens inspanning gemakkelijk tot 38 à 39°C en daalt na stoppen van de inspanning vrij snel tot normale waarden.

Training

Training is een middel om door systematische oefening het prestatievermogen te verbeteren. Bij trainen wordt gebruik gemaakt van de eigenschap van levende wezens dat zij zich kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden. De sporttraining grijpt niet alleen aan op de spieren, maar op elk orgaan dat bij de inspanning is betrokken. In rust heerst in het lichaam een situatie, waarbij verschillende biologische grootheden constant worden ge-



houden. De lichaamstemperatuur, de zuurstofspanning in het bloed, de samenstelling van het bloed en verschillende andere variabelen hebben een min of meer constante waarde. Ook in individuele cellen en organen heerst een dergelijke evenwichtssituatie. Elke verandering daarin wordt als afwijkend geregistreerd en het lichaam tracht deze te corrigeren. Tijdens lichamelijke inspanning ontstaan zure afvalstoffen en warmte. In de spieren treden ionenverschuivingen op en worden energierijke organische verbindingen verbruikt. Deze en andere processen leiden ertoe, dat na enige tijd het functioneren vermindert. In spieren, pezen en banden kunnen bij zware inspanning zelfs microscopische beschadigingen optreden. Dit alles uit zich in toenemende vermoeidheid en lagere prestaties.

Na het stoppen van de activiteit wordt getracht het evenwicht te herstellen. Correctie

van biologische grootheden als pH, ionenconcentraties en temperatuur gaat vrij snel en is binnen enkele uren voltooid. De wederopbouw van de voorraad koolhydraten (in de vorm van glycogeen) in lever en spier duurt langer en vraagt na uitputtende inspanning vaak meer dan 24 uur. Het herstel van microscopische beschadiging in spieren kan soms enkele dagen duren. Het herstel duurt langer naarmate de verstoring ingrijpender was.

Er is op verschillende manieren getracht het herstel in gunstige zin te beïnvloeden. Helaas leiden de meeste methodes niet tot het gewenste resultaat. Ofschoon het precieze mechanisme nog onbekend is, blijkt uit onderzoek en uit de praktijk dat massage na de training de snelheid van het herstel bevordert. Dit heeft waarschijnlijk te maken met de optredende versterkte bloeddorstomming. Extra slaap, bepaalde voedingsmiddelen, sauna,



Linksboven: De deelname aan evenementen als de marathon en triathlon groeit enorm. De start van de triathlon van Hawaï is daar een illustratie van.

Links: Wielrenners op een steile klim vergen zeer veel van hun lichaam. Indien zij goed getraind zijn, zullen zij echter vrij snel van hun inspanningen herstellen.

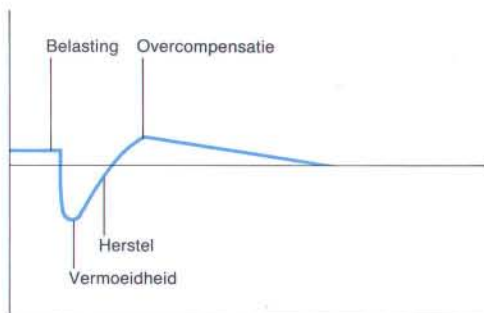
Boven: Het lichamelijke herstel na een zware inspanning wordt bevordert door massage. Vermoedelijk is het effect van massage dat de spieren beter doorbloed raken.

Maximale zuurstofopname

Bij fysieke inspanningen die langer dan enkele minuten duren, wordt de energie voor de spieractiviteit grotendeels geleverd door oxydatie van koolhydraten en vetten. Des te meer van deze voedingsstoffen per tijds-eenheid kunnen worden geoxydeerd, des te meer energie kan worden vrijgemaakt, en hoe hoger de kruissnelheid die iemand kan ontwikkelen.

De maximale hoeveelheid zuurstof (liters per minuut) die iemand kan opnemen, bepaalt daarom hoeveel arbeidsvermogen geleverd kan worden. De grootte van de maximale zuurstofopname (VO_{2max}) is derhalve een belangrijke maat voor duursporters. Omdat de hoeveelheid opgenomen zuurstof

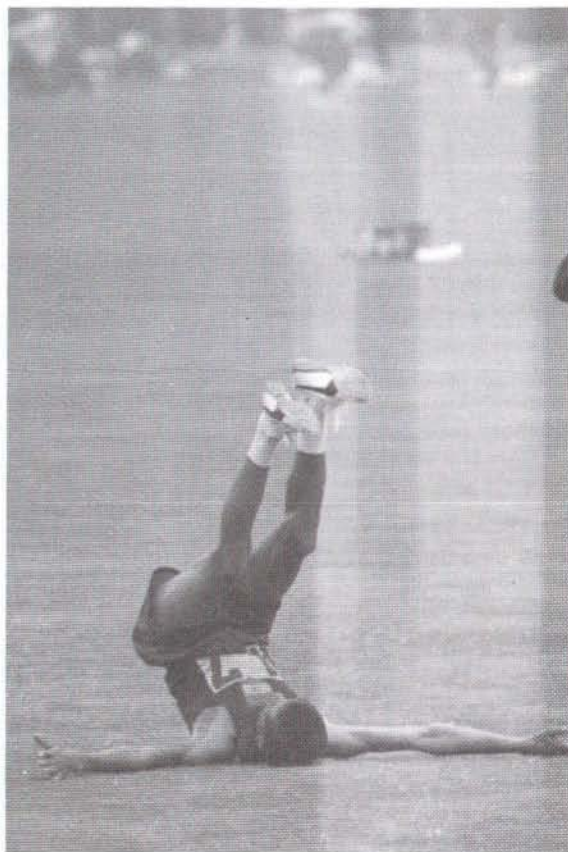
over spieren moet worden verdeeld, wordt de VO_{2max} gewoonlijk gedeeld door het lichaamsgewicht. De VO_{2max} wordt dan uitgedrukt in $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. Zo heeft een onge-trainde man gemiddeld een VO_{2max} van $45 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$ en een topatleet van $70-90 ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$. De VO_{2max} wordt hoofdzakelijk door aanleg bepaald en is voor een individu slechts 25-30 procent te verbeteren. Meting van de VO_{2max} gebeurt in een laboratorium, waarbij de proefpersoon op een lopende band of een fietsergometer wordt belast. De belasting wordt dan geleidelijk opgevoerd, tot de atleet niet meer kan. De zuurstofopname wordt tijdens de inspanning gemeten en de hoogste waarde is VO_{2max} .



Boven: Fig. 3. Deze figuur geeft een algemene herstelcurve voor fysiologische processen. Tijdens de belasting wordt het systeem min of meer uitgeput. Daarna treedt functieherstel op dat doorgaat tot op een niveau dat hoger ligt dan het oorspronkelijke, vóór de inspanning. Dit noemt men overcompensatie. Als er geen nieuwe inspanning volgt, daalt het niveau geleidelijk weer.

Rechts: De Ethiopiër Abebe Bikila won zowel in 1960 als in 1964 de marathon van de Olympische Spelen. Na de finish verbaasde hij de wereld door in een tris draffe naar het veld te lopen en daar wat oefeningetjes te doen.

Rechtsboven: Schijnbaar moeiteloos fietst deze renner een steile helling op; de mensen achter hem hebben het duidelijk moeilijker.





UV-licht en andere methoden die gepropageerd worden, hebben dit effect niet. Zeer essentieel voor training is dat de meeste herstelprocessen niet stoppen als het herstel voltooid is, maar als het ware iets doorslaan. Hierdoor ontstaat een *overcompensatie*. Het doel van de training is om verstoringen teweeg te brengen die vervolgens tot een overcompensatie leiden. Elke volgende training moet dan plaats vinden als de overcompensatie bereikt is. Op deze wijze zal het uitgangsniveau geleidelijk hoger komen te liggen. Dit uit zich dan in een toename van het prestatievermogen.

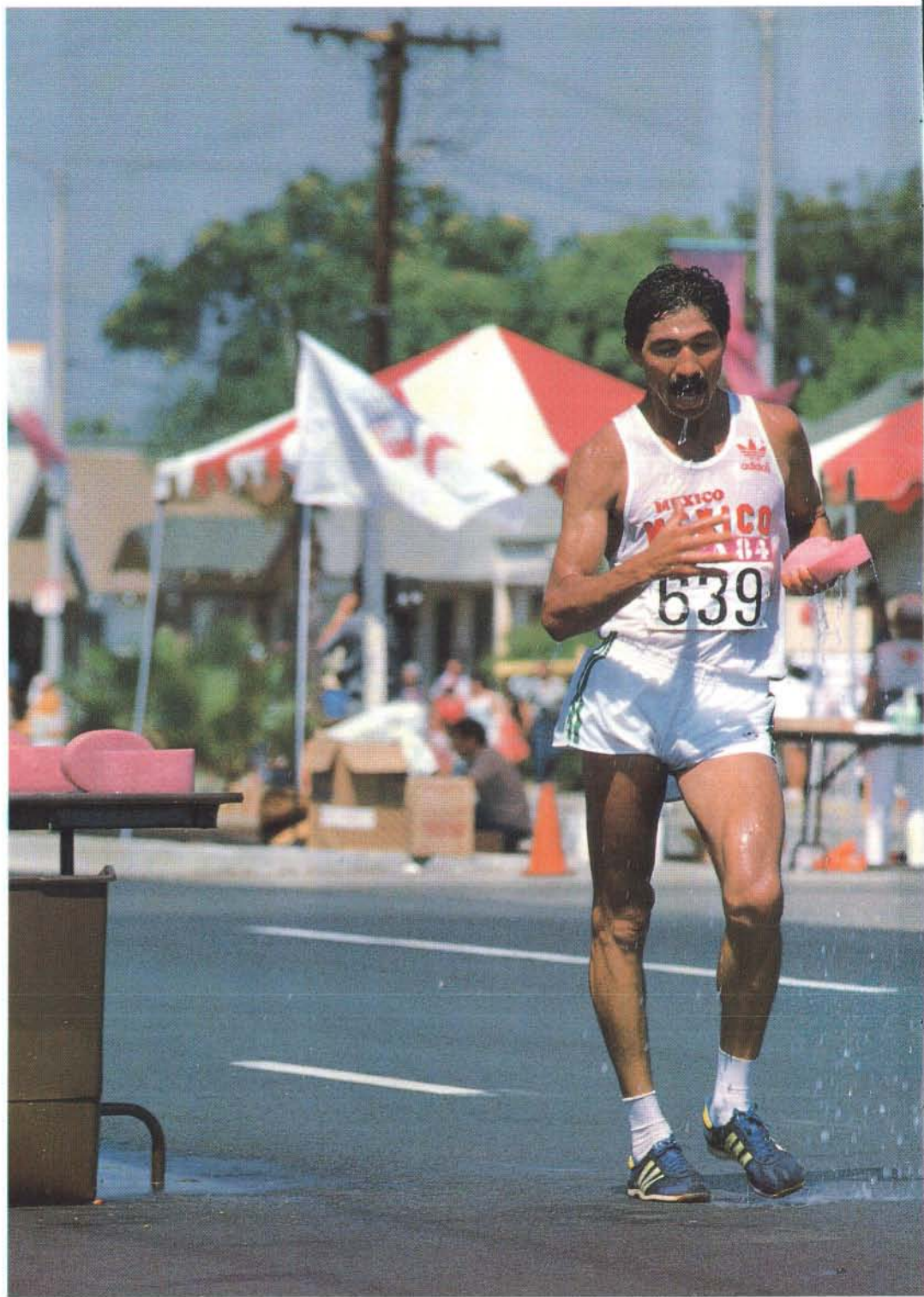
Trainingsaanpassingen vinden plaats in alle bij de inspanning betrokken orgaansystemen. In de spieren neemt het aantal capillairen toe. In de spiervezels zelf wordt de eiwitsynthese in de herstelfase sterk geactiveerd, bijvoorbeeld voor het maken van contractiele eiwitten, mitochondriën en enzymen voor de energiestofwisseling. Ook in de hartspeer vinden aanpassingen plaats. De contractiekracht wordt groter en door toename van het slagvolume kan ook het maximaal hartminutenvolume toenemen. Voorts neemt de dikte van de botten toe en worden pezen en banden sterker.

Hoe herstelprocessen precies worden gestuurd en waardoor de overcompensatie optreedt is nog niet goed bekend. Er zijn wel steeds meer aanwijzingen, dat hormonen een belangrijke rol spelen. Het groeihormoon, insuline, het schildklierhormoon, de bijnierschors hormonen en de geslachtshormonen worden in dit verband genoemd. Na een normale training of een niet al te zware inspanning blijkt de plasmaconcentratie van geslachtshormonen te zijn gestegen. Er wordt verondersteld, dat dit een functie heeft bij het aanzetten van de eiwitsynthese tijdens de herstelfase. Het is opmerkelijk dat bij sommige mensen na het lopen van een marathon of het rijden van de Elfstedentocht de plasmahormoonconcentratie pathologisch laag kan worden. Deze mensen blijken zich minder snel te herstellen. Ondanks deze gegevens is onze kennis van het herstel nog zeer incompleet.

Overtraining

Voor iemand die dagelijks traint is het belangrijkste dat het herstel steeds volledig is. Bij zeer zware trainingsbelastingen kan het voorkomen, dat het herstel niet binnen 24 uur com-





pleet is. De evenwichtssituatie wordt nu niet bereikt en kan, als er weer getraind wordt, zelfs verder verstoord raken. Dit uit zich in snelle vermoeidheid en spierpijn en, bij verdere verstoring, in slechte eetlust, lusteloosheid, slaapstoornissen en emotionele labiliteit. Deze toestand wordt *overtraining* genoemd. De beste remedie bij overtraining is geestelijke afleiding en een tijdelijke onderbreking of een sterke vermindering van de training. Een van de bekendste factoren die tot overtraining kunnen leiden is het doormaken van griep of keelontsteking. Tijdens de daarbij optredende koorts is de stofwisseling verhoogd, terwijl de eetlust gering is. De benodigde brandstof wordt dan gemobiliseerd door ook spiereiwitten af te breken. Bovendien kunnen sommige virussen, waaronder het influenzavirus, ontstekingen in de spieren veroorzaken, waarbij de trainingsaanpassingen grotendeels verloren gaan. Omdat de meeste atleten het door de ziekte veroorzaakte conditieverlies zo snel mogelijk willen goedmaken, wordt de training meestal te snel opgevoerd. Terwijl het lichaam dan nog bezig is om de gevolgen van de ziekte te herstellen, komt de trainingsbelasting er nog bovenop. Ook mentale stress kan bijdragen tot het ontstaan van overtraining.



Boven: Bij een triathlon hoort 180 km fietsen. Dat is ver, voor sommigen heel ver, voor anderen te ver.

Links: De Mexicaanse snelwandelaar Raúl González verfrist zich tijdens zijn gouden 50 km-'wandeling' op de Olympische Spelen van Los Angeles. Verloren zweet moet worden aangevuld om oververhitting te voorkomen.

Sport en gezondheid

Een belangrijk motief om te gaan trimmen is voor velen afvallen en voorkomen van hart- en vaatziekten. Een keer per week trimmen draagt hiertoe echter nauwelijks bij. Voor een verbetering van de fitheid en een verminderd risico op hart- en vaatziekten moet aan een aantal voorwaarden worden voldaan. In de eerste plaats is het positieve effect op de gezondheid pas aanwezig als minstens drie à vier keer per week aan fysieke activiteit wordt gedaan. De duur van elke trimsessie dient dan in elk geval zo'n 30 minuten te zijn. Ook de intensiteit is van belang.

Een positief effect op het voorkomen van hart- en vaatziekten kan worden bereikt als de hartfrequentie tijdens de activiteit boven een bepaalde waarde komt. Dit is bij mensen onder de 40 ongeveer 150 slagen per minuut en bij mensen boven de 40 zo'n 140 slagen per minuut. Het positieve effect berust op een vertraging van het vaatverkalkende (atherosclerotische) proces en een verwijding

van de kransslagaders van het hart. Ofschoon regelmatige fysieke activiteit een gunstige invloed heeft op de gezondheid, lijkt de levensduur van sporters niet duidelijk langer te zijn. Lichamelijk getrainde mensen lijden echter wel minder vaak aan verkoudheden en hun weerbaarheid tegen stress neemt toe. Verder blijkt dat bij fysiek actieve mensen minder vaak slaapstoornissen, overgewicht en obstipatie voorkomt. Mensen die fysiek actief blijven gedurende hun leven, blijken zich op latere leeftijd beter te kunnen bewegen. Fietsen is, vooral voor ouderen en mensen die moeilijk lopen, in veel gevallen gunstiger dan hardlopen. Bij fietsen treden, in tegenstelling tot hardlopen, geen grote piekbelastingen in het bewegingsapparaat op. De positieve effecten van fysieke activiteit duren niet voort als de actieve leefwijze in een zittende leefwijze verandert. Na staken van de actieve leefwijze zijn alle gunstige effecten binnen een jaar verdwenen.

Blessures

Bij sportieve activiteiten wordt met name het bewegingsapparaat zwaar op de proef gesteld. Trainingsadaptaties vinden ook plaats in bot- en kraakbeenweefsel en in pees- en steunweefsel. Bij elke training treedt er een verstoring van de uitgangssituatie op en ook hier volgt een herstelfase die gekenmerkt wordt door opbouwprocessen. De bloedvatvoorziening in deze weefsels is echter arm en de stofwisseling is relatief traag. Dit heeft tot gevolg, dat de duur van het herstel in deze weefsels veel langer is dan bijvoorbeeld in spierweefsel.

Welke structuren het zwaarst belast worden hangt af van de soort beweging die wordt uitgevoerd. Met name het optreden van piekbelastingen speelt een belangrijke rol. Bij hardlopen zweeft de loper altijd even en bij elke landing moet het been een belasting van twee tot drie keer het lichaamsgewicht opvangen. Hierdoor kunnen op den duur microscopische veranderingen ontstaan in de meest belaste pezen, botten en banden. Bij lopers zijn dit onder andere de achillespezen, knie-

pezen en de botten van het onderbeen. Als op de iets langere termijn het herstel niet in evenwicht is met de 'afbraak', vindt er geleidelijk aan een toenemende lokale verstoring plaats. De ophoping van 'afvalmateriaal' prikkelt op een bepaald moment de afweermechanismen in het lichaam en er ontstaat een ontsteking. Het beschadigde gebied wordt dan geïnfilteerd met witte bloedcellen en er worden stoffen afgegeven die de doorlaatbaarheid van de vaatwand doen toenemen en ook de pijn veroorzaken. Een dergelijke blessure kan ook ontstaan als een sporter opeens een belasting uitvoert, waarvoor niet is getraind. Gaat iemand bijvoorbeeld een halve marathon (21 km) lopen, terwijl voordien hoogstens 15 km achter elkaar is getraind, dan leveren de eerste 15 km geen problemen op. Die ontstaan daarna. Kennelijk heeft het bewegingsapparaat zich aangepast aan 15 km hardlopen.

Blessures kunnen in principe in elk onderdeel van het bewegingsapparaat ontstaan. In botten kennen we vermoeidheidsfracturen als gevolg van herhaalde piekbelastingen, waardoor zich kleine haarscheurtjes in het bot vor-

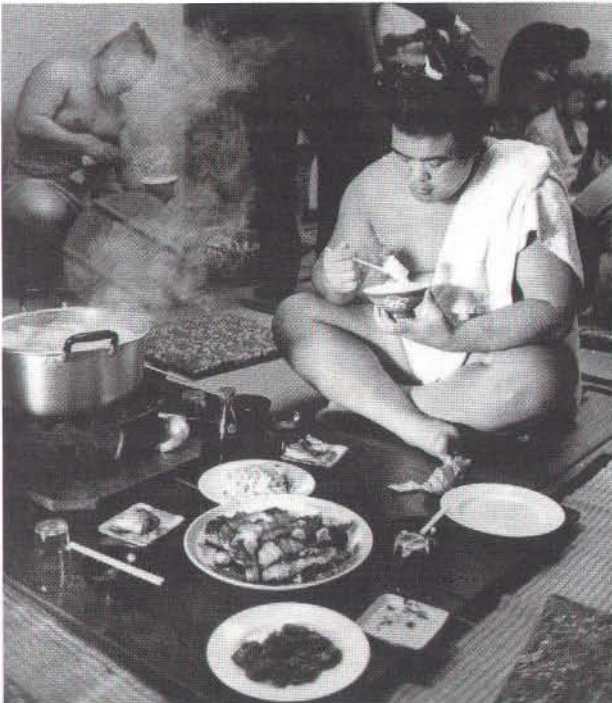
men. Deze blessure wordt daarom ook vaak *runners fracture* genoemd. Peesproblemen komen veel voor aan de achillespees en de kniepees, terwijl de gewrichtsbanden rondom de knie frequent tot problemen aanleiding geven. Ook de spieren zelf kunnen beschadigd raken, hetgeen zich uit in later optredende spierpijn. Indirect kan een indruk van de omvang van de spierbeschadiging worden verkregen. In de spieren komen namelijk enzymen voor, die uitsluitend in spiercellen aanwezig zijn. Bij een beschadiging wordt het spiervezelmembraan doorlaatbaar en lekken een aantal van deze enzymen naar de bloedbaan. Door in het bloed de enzymconcentratie te meten, kan de mate van beschadiging worden geschat.

Blessures van pezen en banden hebben vaak één tot meerdere weken nodig om volledig te genezen, terwijl spierbeschadigingen in de meeste gevallen binnen twee weken volledig zijn hersteld. Ofschoon blessures veel voorkomen, zijn ze veelal te voorkomen. Een goede trainingsopbouw, doelmatige kleding, vooral als bescherming tegen koud en nat weer, en goed materiaal zijn hierbij van belang.

Energiehuishouding en voeding

Lichamelijke activiteit vraagt een voortdurende oxydatie van voedingsstoffen teneinde de benodigde energie te kunnen leveren. De belangrijkste energiebronnen voor de spieren zijn koolhydraten (suikers) en vet. Zo vraagt een uur hardlopen met 15 km per uur bij een 70 kg zwaar iemand ongeveer 1000 kCal (4186 kJ). Vertaald in voedselverbruik is dit 250 g pure suiker of 100 g vet. Het lichaam beschikt normaliter over een koolhydraatvoorraad die als glycogeen aanwezig is. Glycogeen is een polymeer van glucose. Door hydrolyse worden, al naar gelang de behoefte, glucosemolekulen afgesplitst. De glycogeenvoorraad in lever en spieren is normaliter voldoende voor een uur flinke activiteit.

Duurt de inspanning langer en raakt de glycogeenvoorraad op, dan gaat ook de bloedsuikerspiegel omlaag. Aangezien de hersenen uitsluitend glucose als brandstof kunnen gebruiken, raakt dan de functie van het zenuwstelsel verstoord. Deze toestand van *hypoglycemie* uit zich in slaptte, zweterigheid, verwardheid en



Boven: In de schaatssport is duidelijk sprake van een verschuiving van de belangstelling naar marathon-wedstrijden. Niettemin is de belangstelling voor de lange baanwedstrijden, hier de wereldkampioen van 1976, in Nederland nog steeds groot.

Links: Men ziet het er niet aan af, maar sumoworstelaars in Japan zijn ook duursporters. Hun wedstrijden kunnen wel vijf uur duren. Dat ze daar trek van krijgen spreekt voor zich.

In de etenszakjes die wielrenners tijdens een lange wedstrijd aangeboden krijgen, zit overwegend licht verteerbaar voedsel, dat rijk is aan koolhydraten. Daarmee wordt een voldoende energietoevoer naar de spieren gegarandeerd. Sommige atleten menen echter voldoende te hebben aan een enkele banaan.



duizeligheid. Voor duurinspanningen, langer dan één uur, is het daarom belangrijk om tijdens de inspanning te eten.

Een bijkomende complicatie is echter, dat het maagdarmkanaal tijdens intensieve inspanning minder doorbloed wordt en derhalve ook minder goed werkt. Daarom wordt vaak gebruik gemaakt van geconcentreerde vloeibare koolhydraatrijke voeding.

Dergelijke vloeibare voeding wordt gemakkelijker opgenomen en belast het maagdarmkanaal minder zwaar. Bovendien kan met deze voeding ook de vloeistofbalans beter op peil worden gehouden. Voor de passagesnelheid door de maag is de samenstelling van het voedsel van belang. Geconcentreerde suikeroplossingen worden eerst, door vochtscheiding van de maagwand, verdund totdat de oplossing isotoon is (dezelfde osmotische waarde heeft) met bloed. Dan pas vindt passage naar de darm plaats.

Ofschoon eten tijdens langdurige inspan-

ning noodzakelijk is, kan eten vóór de inspanning tot onvermoede problemen leiden. Normaliter is insuline nodig om glucose uit het bloed door de cellen te laten opnemen. Hoe hoger de bloedsuikerspiegel, hoe hoger is ook de insulinesecretie door de alvleesklier (pancreas). Tijdens inspanning wordt de insulinesecretie echter onderdrukt en is de glucoseopname door de spier onafhankelijk van insuline. Als koolhydraten worden genuttigd tot 60 minuten voor de inspanning, kan dit tot problemen leiden. De koolhydraatopname voor de inspanning leidt tot een sterke insulinesecretie, met als gevolg dat de insulinespiegel nog hoog is bij het starten van de inspanning. Hierdoor en door de activiteit van de spieren wordt de opname van glucose uit het bloed versterkt, hetgeen leidt tot een ongewenst snelle daling van de glucosespiegel. Er ontstaat dan een toestand van hypoglycemie met de reeds genoemde verschijnselen. Daarom wordt in het algemeen geadviseerd om tot een uur voor de in-

spanning geen koolhydraten te nuttigen en pas weer te eten na de start. Zodra de inspanning eenmaal begonnen is, leidt het eten van suikers niet meer tot een insulinesecretie en ontstaat er ook geen hypoglycemie meer.

Er is ook een andere methode om uitputting door glucosetekort te voorkomen. Hierbij probeert men door training en dieet de glycogeen-voorraad extra op te voeren. Hiervoor wordt door middel van langdurige training, ongeveer een week voor de wedstrijd, de glycogeen-voorraad uitgeput. De atleet traint vervolgens niet extreem lang meer en houdt de eerste dagen een dieet dat weinig koolhydraten bevat. Na enkele dagen schakelt hij dan over op een zeer koolhydraatrijk dieet. Op die manier kan de glycogeen-voorraad worden verdubbeld. Deze methode wordt vaak door marathonlopers gebruikt en heeft als voordeel dat de snelle lopers onderweg niet hoeven te eten.

Vocht- en warmtebalans

De meeste warmte wordt afgegeven door verdamping van zweet. De zweetproductie kan bij warm weer en zware inspanning twee tot vier liter per uur bedragen. Zweet wordt door de zweetklieren geproduceerd en onttrokken aan het bloed. Dit heeft tot gevolg, dat het plasmavolume daalt en bloedindikking kan plaatsvinden. Dit kan weer aanleiding geven tot verlaging van de bloeddruk en belemmerde doorbloeding van de weefsels. Onderzoek heeft uitgewezen, dat een vochtverlies van vier procent van het lichaamsgewicht (ongeveer drie liter bij een 70 kg zwaar iemand) het prestatievermogen al nadelig kan beïnvloeden. Bij een groter vochtverlies (dehydratie) van meer dan enkele liters, wordt de zweetsecretie verminderd. Dit heeft weer tot gevolg dat de warmte-afgifte wordt bemoeilijkt, waardoor de lichaamstemperatuur tot gevaarlijke waarden (boven 41°C) kan stijgen. Vooral tijdens inspanningen bij warm weer en hoge luchtvochtigheid is er gevaar voor een te hoge lichaamstemperatuur (hyperthermie). Dehydratie en hyperthermie samen leiden tot een gestoorde bloedsomloop en een gestoorde functie van het zenuwstelsel. Dit alles uit zich in verwardheid, gestoord bewustzijn en gestoorde motoriek. Wie herinnert zich niet meer de laatste meters van de Zwitserse marathonloopster tijdens de Olympische Spelen van

1984. Zij had te weinig gedronken en was oververhit geraakt.

Een daling van de lichaamstemperatuur kan optreden bij langdurige inspanningen onder koele en natte omstandigheden. Bij zwemmen in water tot 20°C kan bij slanke mensen (zonder een dikke onderhuidse vetlaag) het warmteverlies groter zijn dan de warmteproductie. Het verlies van warmte leidt dan tot een geleidelijke daling van de lichaamstemperatuur. De lichaamstemperatuur kan dan in 30 minuten dalen tot wel 34°C. Daaronder treden stoornissen in het bewustzijn op, eindigend in bewusteloosheid.

Regelmatige fysieke activiteit kan een belangrijke bijdrage leveren aan het in stand houden van een gezond lichaam. Onvoldoende kennis van biologische wetmatigheden van het trainingsproces kan echter gemakkelijk tot overbelasting en blessures leiden. Extreem zware inspanningen (marathon, triathlon, Elfstedentocht) vragen een gedegen training en voorbereiding. Kennis over de fysieke en mentale eisen die dergelijke zware inspanningen stellen kunnen niet alleen het sportplezier verhogen, maar kunnen ook wezenlijk bijdragen aan het voorkomen van problemen.

Literatuur

- Humphreys, J., Holman, R., (1984). *Marathonlopen*. Becht, Amsterdam, ISBN 9023005503.
 Kuipers, H., (1981). *De grenzen van het menselijk lichaam bij fysieke inspanning*. Ned. Tijdschr. Geneesk. 125, 41, pag. 1657-1659.
 Kuipers, H., (1984). *De marathon; een verantwoorde uitdaging?* Ned. Tijdschr. Geneesk. 128, 32, pag. 1528-1530.

Bronvermelding illustraties

- José Azel, Transworld Features Holland BV, Haarlem: pag. 640-641.
 WHO, Genève: pag. 643, 651 (links).
 ABC press, Amsterdam: pag. 644, 649, 652 (rechts).
 Tonny Strouken, Munstergeleen: pag. 644-645, 645, 647, 652 (links).
 ANP-foto, Amsterdam: pag. 646-647, 651 (rechts).
 Klaas Jan van der Weij, Weesp: pag. 648-649.

ACTUEEL

Nieuws uit wetenschap, technologie en samenleving

natuur en techniek

Erfelijke ziekten

Hoe kunnen erfelijke ziekten voorkomen worden? Vaak is iemand drager van een erfelijke ziekte maar wordt zelf niet ziek. Of soms treedt de kwaal pas op latere leeftijd op. In beide gevallen bestaat het risico dat de aanvoering aan de kinderen is doorgegeven. Hoe los je zo'n probleem op, hoe kun je een erfelijke ziekte genezen? Een van de strategieën die hierbij gebruikt kan worden is het zoeken naar chromosomale merkpunten, karakteristiek voor de drager en meestal voor de ziekte.

Een erfelijke ziekte wordt van vader of moeder op zoon of dochter doorgegeven. Vader en moeder dragen een gedeelte van hun erfelijke informatie bij de conceptie over op hun kind. Ieder de helft. Concreet gebeurt dit in de vorm van chromosomen. Deze chromosomen, die in iedere cel aanwezig zijn, dragen een pakket aan informatie. Op de chromosomen liggen duizenden genen, die ieder informatie bevatten waarmee de cel een bepaald eiwit kan aanmaken. Deze eiwitten op hun beurt regelen allerlei functies in en buiten de cel.

In het geval van een erfelijke ziekte is er een defect in één of meer genen. Hierdoor worden bepaalde eiwitten niet of fout aangemaakt. Ze kunnen hun functie niet meer vervullen, met alle rampzalige gevolgen van dien.

Drs. Bert Smeets, werkzaam als promovendus op de afdeling anthropogenetica van de Katholieke Universiteit Nijmegen, is

één van degenen die zich bezig houdt met de ziekte van Steinert, een beruchte erfelijke spierziekte. "Om nu te kijken of iemand drager van een ziekte is, kan men gebruik maken van het feit dat geen enkel chromosoom hetzelfde is", aldus Smeets. "Op ieder chromosoom zijn wel karakteristieke merkpunten te vinden. Als er nu een merkpunt aanwezig is op het chromosoom met het defecte gen dan kan men bij de familieleden van de patient nagaan of zij dit punt ook hebben. Hebben ze het merkpunt, dan hebben ze waarschijnlijk ook het defecte gen en zijn ze drager van de ziekte. Het is echter niet zeker dat iedereen met dit punt ook het defecte gen heeft."

De ont koppeling van merkpunten en defect gen heeft de volgende oorzaak. Iedereen krijgt bij de conceptie van elk chromosoom er één van de vader en één van de moeder. In de lange tijd die verloopt tot iemand weer kinderen krijgt gebeurt het vaak dat de chromosomen breken. Ze worden dan wel weer aan elkaar geplakt, maar daarna zit het niet altijd zoals ervoor. Dan is er een stukje van vaders chromosoom aan dat van moeder geplakt en andersom. Hierbij kan het ook gebeuren dat het merkpunt op het andere chromosoom terecht komt en het defecte gen niet. Het merkpunt hoort niet meer bij de ziekte.

"Het is daarom zaak een merkpunt te vinden zo dicht mogelijk bij het gen. De kans dat het chromosoom hiertussen breekt is erg klein. Het merkpunt zal bijna altijd bij de ziekte horen. Helemaal het beste is het om twee punten te hebben, aan allebei de kanten van

het gen één. Dan heb je nog meer zekerheid."

Als men met behulp van dit merkpuntenonderzoek tot de conclusie is gekomen dat een vrouw draagster is van een erfelijke ziekte, dan kan zij op de risico's voor een eventueel kind gewezen worden. Of het is mogelijk de foetus op dragerschap te testen en de zwangerschap te onderbreken. Drs. Smeets: "Het vaststellen van dragerschap is uit preventief oogpunt erg waardevol. Door preventie immers kun je ook een ziekte kwijtraken".

Jan van Ooij
Nijmegen

Herbicideresistente planten

Sinds er technieken beschikbaar waren om het genetisch materiaal van planten gericht te veranderen was één van de doelen van onderzoekers het ontwikkelen van planterassen die resistent zijn tegen onkruidbestrijdingsmiddelen. Die resistentie zou dan ingebouwd moeten zijn in een cultuurgewas. Het vervolg laat zich makkelijk begrijpen. Het resistente ras wordt op een akker gezaaid en zodra er onkruid opkomt wordt er gespoten met een herbicide met een brede werking. Daarbij sneuvelen alle planten, behalve het cultuurgewas dat door manipulaties met het erfelijk materiaal resistent is gemaakt tegen het herbicide. Deze methode heeft als voordeel dat met minder spuitbeurten kan worden volstaan. Nu spuit een kweker vaak

met middelen die gericht zijn op verschillende soorten onkruid. Een veld met een herbicide-resistent ras kan daarentegen behandeld worden met een middel dat tegen alle planten werkt, zodat met minder spuiten kan worden volstaan. Als nadeel geldt dat we hiermee steeds verder van de natuurlijke werkelijkheid komen te staan: de land- en tuinbouw wordt steeds kunstmatiger opgezet maar speelt zich nog wel af te midden van het natuurlijk milieu. Het betekent dat slechts één resistent onkruid in staat is het hele systeem te verstoren. Daarna zijn weer nieuwe ingrepen nodig om het kunstmatige systeem te laten voortbestaan. Een vergelijking dringt zich op met de problemen rond de antibiotica: steeds weer ontstaan er nieuwe resistente bacteriestammen. Een geluk hierbij is dat bacteriën een veel sneller aanpassingsmechanisme hebben dan planten.

Onderzoekers van de Amerikaanse chemiereus Monsanto zijn er inmiddels in geslaagd petunia's en tabaksplanten resistent te maken tegen glyfosaat, wat een belangrijk bestanddeel is van het herbicide Roundup van Monsanto. Glyfosaat remt de activiteit van het enzym epsp-synthase in planten, dat betrokken is bij de aanmaak van drie voor de plantegroei essentiële aminozuren. Epsp-synthase is een enzym dat alleen bij planten voorkomt en daarom vormt glyfosaat geen enkel toxisch gevaar voor dieren en mensen.

Dat de genetische manipulatie bij tabaksplanten en petunia's is gelukt wil niet zeggen dat hiermee nu alle problemen overwonnen zijn en volgend jaar graanzaden op de markt zijn die de bij de telers gewilde eigenschappen bezitten. Tabaksplanten en petunia's staan bekend als makkelijk te manipuleren planten. Bij andere planten is het veel moeilijker om veranderde genen weer in de plant te laten functioneren.

Wim Köhler

Gravitatielens

Astronomen die werkten met de 158-inch Mayall optische telescoop op het Kitt Peak National Observatory in Arizona en ook de Very Large Array van 27 radiotelescopieën in New Mexico gebruikten, hebben onverwacht een *gravitatielens* gevonden die 400 keer sterker is dan alle andere tot nu toe waargenomen gravitatielensen. Het team van astronomen stond onder leiding van dr. Edwin L. Turner van Princeton University in de Verenigde Staten. Een gravitatielens bestaat uit een zeer sterk zwaartekrachtsveld waardoor licht van een ver object afgebogen wordt. Licht van dezelfde bron dat aan verschillende kanten van de lens passeert bereikt een waarnemer daardoor uit iets verschillende richtingen, waardoor de indruk ontstaat dat er meerdere objecten te zien zijn. Het gaat hier uiteraard steeds om sterrenkundige waarnemingen. De invloed van zwaartekrachtvelden op licht is zo gering dat deze op Aarde niet te meten is. De dichtstbijzijnde gravitatielens is de Zon. De nieuwe lens heeft een bijzonder aspect: de astronomen weten alleen dat hij er is door zijn

werking als lens, met optische en radiotelescopieën is op de plaats waar hij zijn werking uitvoert niets te vinden.

De gravitatielens veroorzaakt dat de astronomen twee beelden zien van hetzelfde object met een scheiding van 157 boogseconden. De tot nu toe bekendste gravitatielens had een scheiding van slechts zeven boogseconden. Een boogseconde is het 3600ste deel van een graad. Het object dat de astronomen dubbel waarnamen waren twee beelden van een quasar met identieke kleurspectra en roodverschuivingen. De quasar staat ongeveer vijf miljard lichtjaar van de Aarde in de richting van het sterrenbeeld Leeuw.

Gravitatielensen zijn door Einstein voorspeld in 1936. De eerste is in 1979 ontdekt. Daarna zijn er, inclusief de grote die nu is gevonden, nog acht ontwaard.

Men weet momenteel niet waar de gravitatielens uit bestaat. Speculaties gaan in de richting van een zeer groot cluster van melkwegstelsels, een gigantisch zwart gat of een kosmische 'string', een theoretisch gepostuleerd object dat een overblijfsel van het jonge heelal zou kunnen zijn.

(Persbericht
National Science Foundation)

Gravitatielens onmaskerd

Nog maar koud was bovenstaand persbericht van de National Science Foundation op de redactie gearriveerd of het Engelse tijdschrift *New Scientist* meldde dat het niet klopte.

Twee astronomen van het European Southern Observatory richtten hun kijkers ook op de plaats waar de Amerikanen de gravitatielens vonden. Ze keken nog eens goed naar de twee quasarbeelden die als afkomstig van hetzelfde object waren beschreven. In het infrarood ontdekten ze verschillen in de spectra van de

twee sterren. Hun conclusie was duidelijk: het gaat hier om twee dicht bij elkaar staande quasars die wat hun spectra betreft veel op elkaar lijken. Van een enorm sterke gravitatielens en van een zwart gat is geen sprake.

Zo ontwikkelt de wetenschap. Zelfs de artikelen in de beroemde wetenschappelijke bladen, *Nature* publiceerde zowel het nieuws als de ontmaskering, blijken achteraf soms fout, ondanks behoorlijke controle vooraf.

(*New Scientist*)

Kwark in nieuwe verpakking

Quarks verenigen zich per twee of per drie en niet anders. Dat is de wil van God de Vader, of anders toch van Murray Gell-Man en George Zweig. Die stelden in 1963 het quarkmodel op, dat eigenlijk orde bracht in de chaotische deeltjeskermis die de speurtocht naar elementaire deeltjes had opgeleverd. Door het aanvaarden van quarks werd de bouw van de materie plots helder en eenvoudig. Maar nu is er een slang in het paradijs. Ene meneer E. Witten, jong theoreticus in Princeton, houdt de geleerden een verleidelijke appel voor: als jullie aanvaarden dat quarks ook in klompjes (Frans: *pépites*, Engels: *nuggets*) voorkomen, lever ik jullie de ontbrekende massa in het heelal.

Uit alles wat we weten over het gedrag van melkwegen en over het ontstaan van het heelal moet er veel meer massa in ons universum aanwezig zijn dan wij kunnen vinden. Ongeveer 90 procent houdt zich verborgen. Het raadsel van de ontbrekende massa is een van de grote mysteries in de

hedendaagse wetenschappen. Veelal wordt gehoopt de zaak op te lossen door een massa te geven aan dat sprookjesachtige deeltje, het neutrino.

Voorzover we weten heeft dat ladingloze deeltje, dat dwars door de Aarde heenschiet (per seconde met miljarden tegelijk), geen massa, maar de theorie verbiedt het niet. Zelfs een uiterst minieme massa per neutrino zou door de enorme aantallen neutrino's het heelal een stuk zwaarder maken, en de fysici een stuk geruster.

Het leuke van het vinden van de ontbrekende massa is dat het heelal dan niet oneindig blijft doorgaan met uitdijen tot een doodsheid waar niets meer gebeurt, maar integendeel vroeg of laat weer begint te krimpen om te eindigen als één zwart gat, dat ons dan tenminste de kans geeft op wedergeboorte in een volgende oerknal. Om één of andere reden houden de fysici meer van die tweede versie voor het einde der tijden. In de wandeling spreken ze van de *grote gruizel* (big crunch).

Voorlopig is echter nog niet bewezen dat het neutrino iets van de zwaartekracht voelt en dus massa heeft. Hoeft ook niet, zegt Witten, het heelal bukt van de 'vreemde' materie. Onzichtbaar, en opgebouwd uit klompjes quarks. Ondanks de voorkeur van de hoge-energiefysici voor kleurrijke namen, hebben ze deze maal ook een 'normaal' geleerd woord bedacht voor een dergelijk klompje quarks: een nucleariteit. Alle ons bekende materie is opgebouwd uit twee types elementaire deeltjes, daar wijkt ook Witten niet vanaf: leptonen en quarks. De leptonen omvatten het elektron en het neutrino, met een aantal verwanten. Uit groepjes van drie quarks worden protonen, neutronen en aanverwanten opgebouwd. Per twee (telkens een quark en een antiquark) vormen ze de deeltjes die de krachten overbrengen, zoals de mesonen. Er kan een hele reeks deeltjes worden gebouwd, omdat de quarks voorkomen in zes soorten (de fysici verkiezen de term *smaaken*, *flavors* in het Engels): op (up), neer (down), vreemd (strange), tover (charm), top (top of truth) en bodem (bottom of beauty). Bovendien komt elke smaak

	Quarks			Antiquarks		
Up quark						
Down quark						
Charmed quark						
Strange quark						
Top quark						
Bottom quark						

Quarks bestaan in drie kleuren. De antiquarks hebben altijd de anti(complementaire)-kleur. De symbolen in de quarks geven het soort quark weer; deze notatie is willekeurig gekozen. (Anti)quarks groeperen zich steeds zo, dat het gevormde deeltje wit is.

Gluonen bestaan uit een combinatie van kleur en anti-kleur. Hoewel er zo negen kleurencombinaties ontstaan, hebben we maar acht gluonen. De drie witte combinaties beschikken zich volgens de groepentheorie tot twee.

nog eens in drie *kleuren* voor. En voor al die quarks is er ook nog eens een antiquark.

Protonen en neutronen groeperen zich op hun beurt in kernen, tot een maximum van 109 protonen en 157 neutronen. Dan komt er een onbewoonde woestijn tot we een heel eind verder bij de volgende stabiele verzameling komen: de neutronenster, een klomp van 1057 neutronen, het binnenste van een ontplofte ster, zo samengeperst dat de elektronen in de kernen worden geperst en er alleen neutronen overblijven. Of misschien zelfs zo sterk samengeperst dat ook de neutronen hun individualiteit verliezen en er een quarkbol overblijft. Een vingerhoedje van zo'n 'ster' weegt een miljard ton.

In die woestijn, zegt Witten, wonen tussen de gewone materie en de neutronenster nomaden. Klompjes van enkele quarks, waarvan een of meer van het vreemde type ('normale' materie bevat alleen op- en neerquarks). Vreemde quarks hebben ook nog het voordeel van een veel hogere massa. Welke aantallen samen stabiel kunnen zijn dan hetzelfde aantal in groepjes van drie, is nog niet duidelijk.

Wel is al uitgerekend dat in de eerste minuut na de oerknal (big bang) dergelijke nucleariteiten ontstaan kunnen zijn, nog vóór deuterium en helium, zonder dat hun ontstaan invloed had op de verhoudingen waarin de ons bekende atomen onstonden.

En de experimentalisten zijn alvast aan het zoeken geslagen. De zelfde detectors die spuren naar een uiteenvallend proton (voorlopig tevergeefs), kunnen daarvoor worden gebruikt. Ook in een mikrokristal moeten de sporen van de passage van een quarkklompje te zien zijn. Men heeft zelfs al twee kandidaten voor zo'n gebeurtenis.

(Sciences et Avenir)

TV met hoge resolutie

In mei is de beslissing gevallen over de norm die internationaal wordt aangeraden voor de TV van de komende generatie: die met hoge definitie. Het beeld op het scherm moet dan zo goed worden als dat van een 35 mm-bioscoopfilm. Voor het eerst zullen Europa, de USSR, Japan en de Verenigde Staten misschien dezelfde norm hanteren.

Die norm werd vastgelegd op 'neutraal' terrein: in de Joegoslavische plaats Dubrovnik, door het Internationaal Consultatief Comité voor Radiocommunicatie, een dochterorganisatie van de UNO. Het Comité kan alleen maar raadgevend werken en over de oude systemen PAL, Secam en NTSC heeft het indertijd wijselijk maar geen raad gegeven, om zijn gezicht niet te verliezen.

Bij de besprekingen stond Europa tegenover een verenigd blok van Japan en de VS. Die steunden de enige hoge-definitienorm die momenteel bestaat, die van de Japanse openbare televisieomroep NHK, ontwikkeld in samenwerking met Sony, Hitachi, Matsushita en andere elektroniekagiganten. Het beeld moet volgens die norm 1125 lijnen bevatten, tegen 625 voor PAL (Europa) en Secam (Frankrijk en USSR), en 525 bij NTSC (VS en Japan). Japan zit uiteraard klaar om de wereld met zijn toestellen te overspoelen. De andere partner in het monsterverbond, de VS, hoopt de markt nog eenvoudiger te kunnen voorzien van producties, zeker als ook Hollywood op video overgaat. Want video heeft veel meer trucagemogelijkheden dan film, terwijl meteen na een opname gezien kan worden of de scène moet worden overgedaan. Francis Ford Coppola draaide al met het Japanse systeem, en ook voor Star Wars zijn scènes op video gedraaid.

Europa is bang van het veld gespeeld te worden en wil liever niet

op een incompatibele norm overgaan, maar telkens compatibel blijven met de vorige standaard. Het wijst ook op de enorme bandbreedte voor het Japanse systeem, 30 MHz, tegen 6 à 8 MHz nu. Japan heeft daarop reagerend al een systeem voor signaalcompressie voorgesteld, door telkens maar een kwart beeld tegelijk te verzenden. Op het verwijt dat de Japanse norm eigenlijk al verouderd is, omdat hij niet digitaal is, is er niet meteen een antwoord.

De Europese Radio Unie stelde voor om te profiteren van het begin van satelliettelevisie, met de Franse TDF-1 en Duitse TV-SAT, om in de schotelantennes een nieuwe norm te gebruiken, Mac-packets gedoopt, die met licht gewijzigde klassieke toestellen te ontvangen is. In 1983 koos men voor de Britse C-Mac (bandbreedte 14 MHz), in 1985 werd daar de compatibele D-Mac voor kabeltelevisie (grotere antennes, 10,5 MHz) aan toegevoegd. De klank is digitaal en met vier kanalen. Het beeld wordt breder, zoals in de bioscoop, met een breedte/hoogteverhouding van 16/9 in plaats van 4/3. De Franse satelliet, die in november omhoog gaat, zal echter toch weer een andere norm gebruiken, uiteraard, zouden we bijna zeggen, D-2-Mac, die maar 8 MHz vult. De extra decoder zal een 10000 F of 500 gaan kosten en bevat vier CMOS-chips en 1 bipolaire.

(Sciences et Avenir)

AIDS en Slow Virus Diseases

HTLV-III (Human T-Lymphotropic Virus type III), het AIDS-virus, is nu duidelijk ondergebracht bij de lentivirussen. Dit is een subfamilie van de retrovirussen, een familie van RNA-virussen waartoe ook de oncogene

(kankerverwekkende) virussen als HTLV-I en -II behoren.

Reeds lang zijn bij dieren lentivirussen bekend, die *slow virus diseases* veroorzaken. Kenmerken zijn: een lange incubatietijd, een traag en progressief verloop, hersenontsteking, specificiteit voor bepaalde bloedceltypes, levenslange integratie van het virus in DNA-vorm in het cel-DNA en ongevoeligheid voor het immuunsysteem. Zo veroorzaakt een lentivirus bij paarden acute episodes van bloedarmoede. Caprine Arthritis Encephalitis Virus (CAEV) is verantwoordelijk voor chronische gewrichtsontsteking en hersenontsteking. Maedi-visna is een endemische schapeziekte in IJsland, gekenmerkt door chronische longontsteking en hersenontsteking.

Naarmate meer kennis vergaard werd over HTLV-III, werden meer en meer analogieën in het epidemiologisch en pathologisch beeld met de dierlijke lentivirussen gevonden, zodat men tot het inzicht kwam dat HTLV-III als menselijk lentivirus het lijstje volledig maakte. Opvallende gelijkenissen zijn onder meer de geringe efficiëntie van de antistoffen en de hoge mutatiefrequentie, bekend als *antigenic drift*. Door veranderingen in het viraal gen dat codeert voor het omhulsel, ontsnapt het virus telkens weer aan de antistoffen, die tegen het omhulsel van de voorgangers geproduceerd werden. Beide eigenschappen maken de ontwikkeling van een vaccin tegen het AIDS-virus tot een zeer moeilijke taak. Vorig jaar werd een overeenkomst in genetische structuur tussen visnavirus en HTLV-III aangetoond op basis van heteroduplexanalyse, een techniek die hieronder wordt uitgelegd. In juni werden in het tijdschrift *Proceedings of the National Academy of Sciences* de resultaten gepubliceerd van een systematische studie van de genetische verwantschap tussen HTLV-III en dierlijke lentivirussen, waaronder het visnavirus.

Electronenmicroscopische opnamen van een heteroduplexanalyse van visnavirus, HTLV-I en -III. Het virus-DNA is in de naar de foto's gemaakte schetsen steeds te zien tussen de tekens 5' en 3'. De vette lijn met letter 'A' geeft een DNA-molekuul aan dat gebruikt werd om de hybridisatie te vergemakkelijken en is verder van geen belang.

A) Heteroduplex van HTLV-I en -III: de twee DNA-strängen blijven overwegend ongepaarde enkelvoudige strengen. Er is dus weinig overeenkomst in nucleotidenvolgorde.

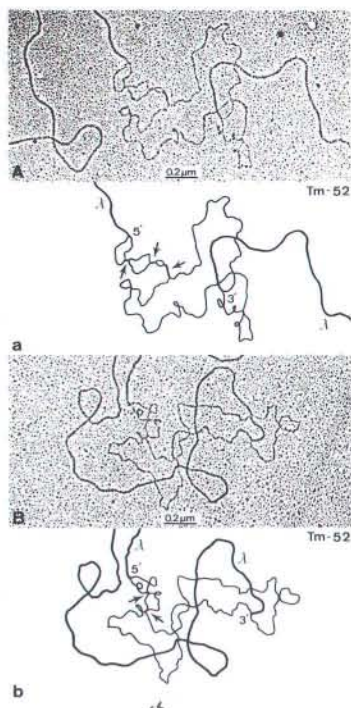
B) HTLV-I en visnavirus: hiervoor geldt hetzelfde als bij A.

C) HTLV-III en visnavirus: uitgesproken homologie in sequentie. De hybride stukken zijn zichtbaar als één enkele, vette lijn.

D) Controle om specifieke hybridisatie uit te sluiten.

(Foto: M. Gonda, National Cancer Institute, Frederick, Maryland, USA. Met dank aan J. Clements, Laboratory of Neurovirology, Department of Neurology, Johns Hopkins Hospital, Baltimore, Maryland, USA).

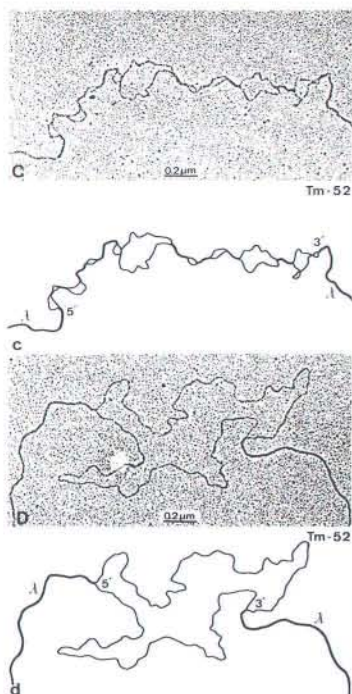
De DNA-vorm van retrovirussen is, als normaal DNA, een lineair molekuul, bestaande uit twee strengen. In elke streng is een opeenvolging van de nucleotiden waarvan vier verschillende bestaan. Bij opwarming gaan de twee strengen uiteen, bij afkoeling wordt de originele dubbelstreng terug gevormd. Indien men nu een mengeling van twee soorten DNA-dubbelstrengen met aanverwante nucleotiden-sequentie opwarmt, zullen bij afkoeling hybride dubbelstrengen gevormd worden, die bestaan uit enkelvoudige strengen van de twee DNA-soorten. Die zogenaamde heteroduplexen bestaan dan deels uit dubbelstrengen en, op de plaatsen waar de sequentie sterk verschilt, uit niet gepaarde, los naast elkaar liggende enkelvoudige strengen. Hoe meer de nucleotidensequentie overeenkomt, hoe langer de stukken van de heteroduplexen die op elektronenmicroscopische foto's maar



één lijn van dubbelstrengig DNA vertonen. Deze techniek is betrekkelijk eenvoudig en illustreert een overeenkomst in sequentie zeer anschouwelijk. Uit deze studies blijken HTLV-III en visnavirus veel minder verwant te zijn met HTLV-I en -II, de twee menselijke oncogene retrovirussen.

Deze taxonomische en evolutionaire verwantschap voorspelt nog meer analoge biologische en pathogenetische eigenschappen met de lentivirussen, die tot op zekere hoogte als model voor HTLV-III geïnterpreteerd kunnen worden. Het is goed bekend dat wanneer een individu geïnfecteerd is met een lentivirus, hij er nooit meer van af geraakt. Alle lentivirussen, ook HTLV-III, tasten bovendien de hersenen op een onherstelbare wijze aan. Beide kenmerken maken behandeling van HTLV-III-infecties nog meer problematisch.

Peter Mombaerts
KU Leuven



Astrocrash

Britse astronomen zijn er in geslaagd een heel bijzonder fenomeen in beeld te brengen: twee melkwegstelsels die op elkaar botsen en vermoedelijk als één stelsel verder zullen bestaan. Gerry Gilmore en Martin Shaw uit Cambridge bestudeerden al een tijdje een sterke bron van radiostraling, die de laatste jaren nogal in activiteit was toegenomen. Ze dachten met een ellipsvormig sterrenstelsel te maken te hebben, maar dan wel een met een opvallend onregelmatige vorm. Uit optische spectra van het stelsel bleek dat er zich snel bewegende gaswolken moesten bevinden. Daardoor, en door de onregelmatige vorm, wisten beide astronomen niet precies met wat voor een object ze nu eigenlijk te maken hadden.

Met behulp van een speciale de-

tector op de Anglo-Australian Telescope slaagde Gilmore erin aan te tonen dat het moest gaan om twee sterrenstelsels, die ongeveer 1,8 boogseconden uit elkaar liggen. Op een extreem heldere nacht slaagde hij er in om met de in de Isaac Newton Telescope in La Palma aanwezige fotonenteller van beide stelsels aparte spectra te maken.

De waarnemingen bevestigden wat beide sterrenkundigen dachten: twee botsende sterrenstelsel die aan het fuseren zijn, waarbij enorme hoeveelheden energie vrijkomen en, letterlijk, zeer veel stof opwaait. Een van beide stelsel is elliptisch en de bron van de meeste radiostraling. Het andere is vermoedelijk een spiraalvormig Seyfertstelsel dat vooral infraroodstraling afgeeft. Een Seyfertstelsel is een stelsel met een heldere kern die veel radiostraling uitzendt. Meestal wordt het centrale deel van zo'n stelsel door wolken bedekt, maar hier is dat niet zo. Gilmore en Shaw gaan ervan uit dat het meeste stof tijdens de botsing verdwenen is en dat daar nieuwe sterren uit gevormd zijn. Wellicht leidt de ontdekking van Gilmore en Shaw tot hernieuwde interesse in botsende sterrenstelsels. Vroeger bestond daar veel belangstelling voor omdat men meende daaruit te kunnen verklaren hoe het komt dat elliptische stelsels zo weinig stof bevatten. De belangstelling taande echter maar zou heel goed kunnen opleven nu men de komende jaren zo'n botsing nauwkeuriger dan ooit zal kunnen volgen.

(New Scientist)

Gat in ozonlaag

Vier teams wetenschappers maken deze maand een winterse tocht naar Antarctica om te proberen de oorzaak vast te stellen van een alarmerende jaarlijkse afname van de beschermende

ozonlaag boven dat continent. Ieder voorjaar, van eind augustus tot in september, wordt de ozonlaag er dunner. Satellietfoto's hebben uitgewezen dat er boven Antarctica een 'gat in de ozonlaag' zit ter grootte van het oppervlak van de Verenigde Staten. Ozon (O_3) komt in lage concentraties voor in de hele atmosfeer, maar op 25 kilometer hoogte zit een dikke laag die dan ook als ozonlaag bekend is. Ozon is een gevaarlijk stof, het vormt makkelijk zuurstofradicalen. Deze radicalen kunnen biologische schade aanrichten, kanker en genetische afwijkingen veroorzaken, maar zijn daarentegen ook noodzakelijk in enkele biochemische levensprocessen. De ozonlaag is echter ongevaarlijk en zelfs van groot belang voor het leven op Aarde omdat daar veel ultraviolet licht uit het zonlicht wordt gefilterd. De ozonlaag loopt gevaar vanwege de luchtverontreiniging die de mens veroorzaakt. Verontreinigde lucht komt langzaam maar zeker, de ene verontreiniging sneller dan de andere, in de ozonlaag terecht, reageert daar met ozon waarbij het ozon verloren gaat. Vooral de drijfgassen uit spuitbussen zijn boosdoeners, reden waarom het gebruik van het drijfgas freon actief is tegengegaan. Hoogvliegende straalvliegtuigen en toepassing van kunstmest zijn andere activiteiten die de ozonlaag zouden aantasten.

Enkele jaren geleden ontdekten wetenschappers dat boven Antarctica de ozonlaag vooral in het voorjaar ieder jaar dunner wordt. De totale afname is nu sinds het begin van de jaren zeventig al vijftig keer groter dan op grond van berekeningen voor mogelijk werd gehouden. De wetenschappers zijn nu geïnteresseerd in de oorzaak van de afname om in de toekomst betere voorspellingen te kunnen doen over de invloed van verontreinigingen en natuurlijke omstandigheden op de ozonlaag. Het onderzoek wordt uitgevoerd met meteorologische ballonnen.

Dertig van die ballonnen worden opgelaten met ozonconcentratie-metende apparatuur in de gondel. Drie grotere ballonnen krijgen aërosolregistrerende instrumenten aan boord. Daarnaast meten drie teams wetenschappers op verschillende manieren absorptiespectra van zonlicht om te achterhalen welke molekulen daarboven in de ozonlaag aanwezig zijn.

Een voorlopige hypothese voor de afname van de ozonconcentratie in de atmosfeer, juist in het voorjaar, is dat dan de zon de ozonlaag weer verwarmt en belicht, waardoor allerlei ozonverbruikende fotochemische reacties op gang komen. Kennelijk ontbreekt boven Antarctica een mechanisme dat de ozonconcentratie weer enigszins op peil brengt.

(Persbericht
National Science Foundation)

Milieuschade door wegzout

Gladheidsbestrijding en zoutstrooien zijn winterse bezigheden, maar de schade aan de beplanting langs de wegen hierdoor wordt pas tegen de zomer zichtbaar, wanneer sterk aangetaste bomen en struiken als in een vroege herfst hun bladeren verliezen. Strooizout – dat is gewoon keukenzout – lijkt weliswaar onschuldig, maar is dat beslist niet wanneer het met duizenden tonnen op de wegen wordt gebracht. In Nederland wordt naar schade door wegzout nog weinig onderzoek gedaan, maar onderzoeken in Amerika en Duitsland, waar zoutstrooien al veel eerder in zwang was, wijzen duidelijk op de gevaren voor het milieu. Overgaan van droog op nat strooien zou de benodigde hoeveelheid zout overigens kunnen halveren. Dit schrijft de biologe Hanneke Terpstra in haar rapport 'Effec-

ten van wegzout op het milieu'. Zij deed deze literatuurstudie voor de Biologiewinkel van de Rijksuniversiteit Groningen naar aanleiding van vragen van de Drentse en Friese Milieuraad.

Vroeger werd gladheid bestreden door het strooien van zand, grind of as, maar dat had onder andere als nadeel dat riolen verstopt raakten. In Amerika en Duitsland ging men daarom al in de jaren veertig over op het gebruik van strooizout, dat vele voordelen heeft. Nederland volgde pas zo'n twintig jaar geleden. Schade aan bomen ten gevolge van het zout werd voor het eerst in Amerika aangetoond in 1959. Ook vele onderzoeken in Duitsland wijzen op de gevaren van strooizout voor het milieu, maar in Nederland is onderzoek op dit gebied tot op heden schaars.

Wat is strooizout eigenlijk en waarom zou het schade toebrengen aan het milieu?

Het wegzout bestaat meestal uit het op zich zelf niet giftige natriumchloride, keukenzout dus. Om het strooibaar te houden wordt een antiplakmiddel toegevoegd – in Duitsland is dat kaliumferrocyanide, dat voor de mens kankerverwekkend kan zijn – en soms ook een rode kleurstof om het ongeschikt te maken voor consumptie. Problemen ontstaan door de grote hoeveelheden waarin het zout 's winters op de wegen wordt gebracht waarna het door afvloeien, opspatten of wegwaaien terecht komt op de bodem en vegetatie naast de weg en vooral direct eraan. In Nederland gaat het om ongeveer 200 000 ton per jaar. Voor planten en bomen levert de chloridecomponent de grootste problemen op. Wanneer teveel chloride door de wortels wordt opgenomen, veroorzaakt dat in de bladeren chlorose (vergeling). Dit kan tenslotte leiden tot necrose (verdroging) en uiteindelijk tot bladval. Deze 'vervroegde herfst' treedt voornamelijk rond mei-juni op.

Natrium is vooral schadelijk voor

de bodem. Het hecht zich aan de bodemdeeltjes waardoor de structuur van de grond zo verandert, dat *verslumping* (verdichting) van de bodem optreedt zodat deze minder doorlaatbaar voor zuurstof en water is. Bovendien verdringen de natrium-ionen andere deeltjes, bijvoorbeeld voor planten belangrijke voedingsstoffen waardoor de bodem verarmt. Ook nuttige bacteriën en schimmels kunnen door een te hoog zoutgehalte verdwijnen. Spatzout dat 's winters op de bovengrondse groene delen als bast en dennenaalden terecht komt, kan bovendien leiden tot schors- en bladverbranding.

Alle bovengenoemde processen verlagen de vitaliteit van bomen en struiken. In de steden, waar de condities vaak al niet optimaal zijn, is de afname van de vitaliteit de druppel die de emmer doet overlopen. Na 10 jaar intensief zoutgebruik zijn er in de beplanting daar soms al zeer duidelijke schadesymptomen waar te nemen.

Wegbermen hebben tegenwoordig een belangrijke natuurfunctie. Zij worden geroemd omdat zij een vluchtplaats voor vele soorten, waaronder zeldzame, planten zijn. Onder een te hoge zoutstress zullen deze echter weer verdwijnen en plaats maken voor andere, algemene soorten zoals kweek, varkensgras en paardabloem. Er zijn ook plantesoorten, zogenaamde halofyten, die goed aangepast zijn aan een zout milieu. Zo'n zoutplant is het Deens lepelblad dat normaal alleen in de buurt van de zee voorkomt. Dat de verzilting van sommige wegbermen ernstige vormen heeft aangenomen, bleek toen verbaasde onderzoekers in Gelderland zich de vraag moesten stellen: "Waar groeien de meeste exemplaren Deens lepelblad, in Gelderland of in Zeeland langs de kust?"

Omdat er nog geen goede alternatieven voor gladheidsbestrijding voorhanden zijn, moet men de aandacht richten op het zo veel

mogelijk beperken van zoutschade. Door van droog strooien over te gaan op nat strooien kan men de benodigde zouthoeveelheid halveren; hiervoor moet men andere strooiapparatuur aanschaffen. In de zeer kwetsbare gebieden is het gebruik van kainiet te overwegen: veel duurder, maar minder schadelijk. Verder wijst de literatuur op de mogelijkheden van verhoogde stoepen en een betere afvoer via de riolering van het afspoelende zout, extra bemesting en een zouttolerante beplanting langs de wegen. Deze maatregelen gelden uiteraard niet voor natuurlijke vegetaties langs wegen en ook niet voor wegbermen. Het is opvallend dat er in Nederland in het geheel geen onderzoek wordt gedaan naar methodes om deze natuurlijke vegetaties voor zoutschade te behouden.

(Persbericht RU Groningen)

Wadoliezuiger

Voorgenomen olieboringen in de buurt van ondiep water, op de wadden en slikken langs de Noordzeekust, zijn door milieuorganisaties altijd heftig bestreden. In de tijden dat de olieprijs hoog was hebben de winningsmaatschappijen toch toestemming gekregen om te gaan boren, vaak ging dat gepaard met uitgebreide milieumaatregelen. Zo moet de Nederlandse Aardolie-maatschappij iedere zomer haar boorinstallatie op het waddeneiland Ameland vrijwel geheel ontmantelen. Nu de olieprijsen gekelderd zijn is de animo om op deze moeilijk te exploreren locaties te gaan werken zienderogen afgenomen.

Juist nu heeft de Duitse firma GST Gesellschaft für Systemtechnik in Essen een oliebestrijdings-amfibievoertuig op de markt gebracht. Het kan varen en rijden, maar beide op een speciale manier. Een brede gummieband tussen de rupsbanden zorgt ervoor

dat wanneer het apparaat over de wadbodem schuift er slechts een geringe druk op de modder wordt uitgeoefend. In ondiep water kan de machine varen met behulp van waterstraalvoortstuwing. Dit heeft tot groot voordeel dat de machine zich niet vastzuigt op de bodem omdat een schroef altijd water aanzuigt vanonder een schip. Het overgangsgebied tussen varen en rijden is erg groot: bij opkomend of afgaand water kan het apparaat gewoon blijven werken.

De machine is ontwikkeld om olie van het wad te verwijderen. Momenteel zijn de olieopnemers nog in ontwikkeling. Deze herfst komt het apparaat in serieproductie.

(Persbericht Krupp)

Een prototype van het amfibie-oliebestrijdingsvoer/vaartuig maakt een proefrit/vaart (foto: Krupp).



Militaire aandacht voor biologisch onderzoek

Het Amerikaanse ministerie van defensie besteedt opvallend veel aandacht aan biologisch onderzoek. Het plaatst grote advertenties in wetenschappelijke tijdschriften en roept daarin onderzoeker op om voorstellen in te dienen voor biologisch onderzoek 'van militair belang'. Ze worden gelezen door geleerden die graag een graantje meepikken uit de grote geldbuidel. Ook bezorgde biologen buigen zich over de teksten en vrezende de ontwikkeling van nieuwe ziekteverwekkers met behulp van DNA-recombinatietechniek.

De mening van de laatste groep wordt niet gedeeld door Nederlandse TNO-onderzoekers die deels voor defensie werken en die tegen vergroting van het onderzoek naar biologische oorlogvoering zijn. Het onderzoek zal geen gevaarlijkere wapens opleveren dan wij nu al kennen. Het Amerikaanse onderzoek is vooral gericht op civiele toepassingen. Een eventuele kwalijke bedoeling zal men moeilijk in resultaten kunnen omzetten, aldus de TNO-experts.

De cijfers liegen er niet om. In de Verenigde Staten was er voor biologisch onderzoek in de militaire sector in 1984 50 procent meer geld beschikbaar dan in 1980. Van 1984 tot 1987 stijgt de begroting nog sneller: van 31 tot 64 miljoen dollar per jaar. Een stijging met ruim 100 procent. Bij de universiteiten daalde de begroting voor biologisch onderzoek tussen 1980 en 1984 met 1,2 procent. Het aantal openbare DNA-onderzoekprojecten voor en door defensie steeg van nul in 1980 tot ruim 100 in 1984. De discussie hierover is in de VS inmiddels op gang gekomen. In 1985 werd hij verder aangezwengeld door de plannen van defensie om in een dunbevolkt gebied een laboratorium te bouwen om 'aanzienlijke hoeveelheden chemische en biolo-

gische stoffen te testen' onder de strengst denkbare veiligheidsomstandigheden.

"In de Sowjet-Unie is een duidelijke beweging gaande om geselecteerde onderdelen van het DNA-recombinatie-onderzoek over te brengen naar centra van biologische oorlogvoering", stelt minister Weinberger van defensie. Hij laat zich bezorgd uit "over het voortdurend binnenkomen van nieuw bewijsmateriaal dat de Sowjet-Unie bezig is met een offensief biologisch wapenprogramma en dat zij met genetische manipulatie proberen dit programma te verbreden".

Een van de belangrijkste critici van deze ontwikkeling in de VS is prof. dr. Jonathan King, hoogleraar biologie aan het Massachusetts Institute of Technology (MIT). "Micro-organismen zijn veel actiever dan chemische strijdstoffen omdat ze zichzelf in gastheren vermenigvuldigen en zich over grote afstanden laten verspreiden. Als een micro-organisme zich ergens in het ecosysteem nestelt kan het daar zeer lang blijven en zich op een onvoorspelbare manier verbreiden. De effecten manifesteren zich soms pas na weken of maanden. Bij chemische stoffen duurt het uren of dagen. Daarom zijn micro-organismen ook minder geschikt voor het slagveld, maar worden zij meer ontworpen tegen een bevolking en om het maatschappelijk leven, de landbouw of de industrie aan te tasten."

"Onze kennis van de biologie van bacteriën, schimmels en virussen is veel groter geworden. Hetzelfde geldt voor de mechanismen van infecties en ziekteprocessen, vooral door de ontwikkeling van de techniek van genetische manipulatie", aldus King. Hij noemt 'voor onderzoekers verleidelijke' voorbeelden, die door moderne biologische technieken mogelijk worden. Zo kan men in het lab

een variant van een griepvirus ontwikkelen, waartegen geen vaccin bestaat. De critici van het onderzoek stellen dat er voortdurend nieuwe stoffen worden ontdekt met uiterst giftige eigenschappen, bijvoorbeeld voor het ontwikkelen van antikankermiddelen. De techniek van de DNA-recombinatie zou het mogelijk maken om vergiften te maken die stabiel zijn dan de huidige, en ook vluchtiger, zodat ze zich verder kunnen verspreiden. Ze zouden zelfs honderden keren zo dodelijk zijn als zenuwgas.

Als men zegt dat een militair biologisch onderzoeksprogramma defensief is, zoals nu vaak gebeurt, is dat bedriegelijk, aldus King. Het woord defensief suggereert dat het mogelijk is om de eigen bevolking tegen een biologische aanval te beschermen. Dat is niet het geval, zeker niet wanneer een hele bevolking wordt bedreigd. Hoewel slechts een klein deel van alle virussen en bacteriën mogelijke ziekteverwekkers zijn gaat het in absolute zin om grote aantallen. Maakt men met behulp van genetische manipulatie meer varianten, dan kunnen er ook meer als een mogelijk wapen worden gebruikt. Een vaccinatie daartegen is dan zeker onmogelijk. King stelt dat een defensief onderzoeksprogramma van de Sowjet-Unie – zoals het ontwikkelen van vaccins tegen bacteriën met ingebouwde ziekteverwekkende eigenschappen – door de VS zeker als een breed opgezet biologisch wapenprogramma zou worden beschouwd.

Dat zou de VN-Conventie van 1972 ondermijnen, aldus King, en de start betekenen van een biologische wapenrace. In september 1986 vindt een tweede evaluatie ervan plaats. De heer A.J. Meerburg van het Nederlandse ministerie van buitenlandse zaken zegt dat de Conventie wel onderzoek op dit gebied toestaat, zeker als het gaat om tegenmaatregelen op kleine schaal. "Het probleem zal in Genève aan de orde komen. In de Verenigde Staten breidt defen-

sie het biologisch onderzoek inderdaad uit, maar ik heb niet de indruk dat de DNA-techniek op zich tot gevaarlijke situaties leidt. De Pugwash-beweging kwam niet lang geleden tot dezelfde conclusie," aldus Meerburg.

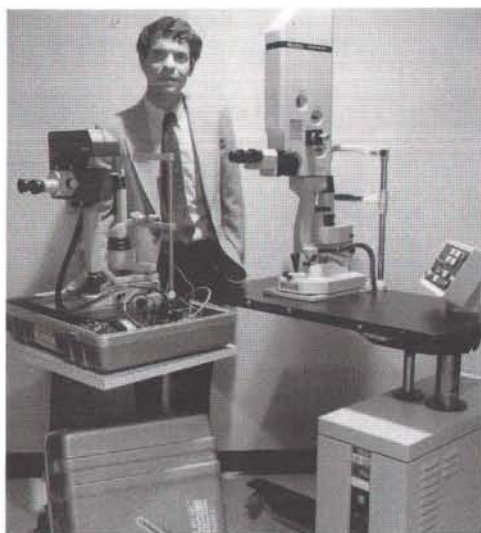
Een relativerend geluid komt ook van dr. W.F. Stevens, directeur van het Medisch-Biologisch Laboratorium (MBL) van TNO. Het MBL heeft vroeger veel onderzoek voor defensie gedaan, maar werkt nu nog maar ten dele voor dit ministerie. Hij is allerm minst overtuigd van het militaire karakter van het Amerikaanse onderzoek. Het is volgens hem meer in het algemeen belang van de volksgezondheid.

Er is volgens de TNO-onderzoekers een zestal argumenten, dat een rol kan spelen om vanuit het militaire belang dergelijke onderzoeksprojecten op te zetten. Het eerste kan gevormd worden door agressieve bedoelingen en het behalen van een tactisch voordeel. Het tweede kan het uitvoeren van een actieve vaccinatie tegen een biologisch wapen zijn. Het lijkt erop, aldus Stevens, dat het onderzoek in de VS nauwelijks betrekking heeft op deze twee doelen. Het grootste deel van het onderzoek is gericht op de overige vier doelen: een vroegtijdige detectie in het geval dat de andere partij een biologisch wapen gebruikt, het maken van vaccins voor het geval een bedreiging optreedt, het vinden van bescherming tegen natuurlijke ziekteverwekkers in het buitenland, waar tegen men geen natuurlijke afweerstoffen in het lichaam heeft en bescherming in situaties dat het lichaam vatbaarder is door stress.

Een vraag blijft nog onbeantwoord. Waarom geeft het Amerikaanse ministerie van defensie opdrachten voor dit soort onderzoek, en komen ze bijvoorbeeld niet van het ministerie van volksgezondheid?

Carper Schuurung
(De Letter W)

Draagbare laser tegen glaucoma



Beide lasertypes naast elkaar: links de draagbare, rechts de conventionele.

Aan het Wilmer Eye Institute van John Hopkins Hospital (Baltimore) werd de eerste draagbare laser ontwikkeld voor de behandeling van gesloten-hoek glaucoma.

Glaucoma wordt gekenmerkt door overdruk binnen de oogbol. Na verloop van tijd wordt de oogzenuw beschadigd, vaak met blindheid als gevolg. Bij het type gesloten-hoek glaucoma hoopt vloeistof zich op achter de geblokkeerde pupil, zodat de iris en de ooglenzen tegen elkaar gedrukt worden.

Als behandeling wordt een gaatje gemaakt in de iris, het gekleurde deel van de pupil. Zo wordt een kanaal of veiligheidsklep gecreëerd waarlangs de vloeistof kan worden afgeleid.

Het voordeel van de nieuwe laser is dat vaak één laserpuls voldoende is voor een definitief resultaat en dat het apparaat draagbaar is. Voorheen gebruikte men een argonlaser. Van dit type is geen draagbare vorm te maken. Bovendien raakten de gaatjes in 30 procent van de gevallen al na enkele weken verstopt.

Het systeem bestaat uit een neodymium-YAG-laser en een onderzoekslamp. Het geheel weegt 25 kg. De belangrijkste toepassing van de laser zal de behandeling zijn van patiënten in afgelegen gebieden en ontwikkelingslanden. Men verwacht dat het nieuwe apparaat het aantal gevallen van blindheid ten gevolge van deze aandoening in ontwikkelingslanden sterk zal verminderen. Met het draagbare systeem kunnen patiënten ter plaatse en in één keer behandeld worden in de vroegste stadia van de ziekte. Vaak getroosten ze zich nu de grote afstand naar een centrum met oftalmologische voorzieningen pas wanneer het te laat is voor behandeling. Een team van Johns Hopkins-oogartsen testte hun nieuw toestel met succes uit tijdens een reis met een klein vliegtuigje langs Eskimonederzettingen in verafgelegen streken van Alaska, waar gesloten hoekglaucoma frequent voorkomt.

Peter Mombaerts
K.U. Leuven

Transatlantische balloncapsule

De capsule van de Nederlandse ballon 'The Flying Dutchman', die in augustus vorig jaar bij een poging om de Atlantische Oceaan over te steken halverwege een noodlanding moest maken, zal gedurende het gehele vakantieseizoen te zien zijn in het luchtvaartmuseum Aviodome op Schiphol. Het is voor het eerst na zijn mislukte reis, dat de capsule aan het publiek wordt getoond. De balloncapsule zal het middelpunt vormen van een tentoonstelling over de vlucht die vorig jaar plaatsvond. Ook zal er in deze expositie veel te zien zijn van de tientallen andere mislukte pogingen om de Atlantische Oceaan per ballon over te steken, en van de twee pogingen die tot op heden wél geslaagd zijn.

Terwijl de capsule van 'The Flying Dutchman' in het museum te zien is, zullen de ballonvaarders Henk en Evelien Brink, nu met

hun nieuwe collega Willem Hageman, opnieuw trachten de Atlantische Oceaan over te steken. Deze poging, met de nieuwe ballon 'The Dutch Viking', zal na 1 augustus worden gedaan.

Ondanks het feit, dat de vaart van 'The Flying Dutchman' vorig jaar voortijdig werd afgebroken, werd er toch nog een aantal records gevestigd, waaronder een nieuw wereldhoogterecord voor gas/heteluchtballons. De ballon bereikte een maximale hoogte van 4 442 meter, voor hij in de oceaan plonsde en de bemanning na enkele uren door het Taiwanese schip 'Ever Greet' werd gered. De capsule van 'The Flying Dutchman' zal tot eind september in het lucht- en ruimtevaartmuseum Aviodome op Schiphol te zien zijn. De Aviodome is dagelijks geopend van 10.00 tot 17.00 uur. Inlichtingen ☎ 020-173640.

Leven in duinen en water

De Haagse Gemeentelijke Groenvoorzieningen en Milieueducatie heeft in de bezoekerscentra in Meijndel en Madestein tentoonstellingen ingericht.

De tentoonstelling in Meijndel laat het planten- en dierenleven in de duinen tijdens de zomer zien. Zo worden sprinkhanen, libellen, wespen en wilde en gecultiveerde rozen tentoongesteld.

De tentoonstelling in Madestein gaat over de levenswijze van vogels op en langs het water. Beide tentoonstellingen zijn vanaf vandaag tot eind september te bezoeken. De entree is gratis.

Bezoekerscentrum Meijndel, aan het einde van de Meijndelseweg, is geopend van 10.00 tot 12.30 uur en van 13.00 tot 16.00 uur. Op dinsdag en donderdagochtend is het bezoekerscentrum gesloten.

Het bezoekerscentrum Madestein ligt aan het einde van het laantje



Deze foto werd genomen uit de balloncapsule van de 'Flying Dutchman' tijdens een poging om de Atlantische Oceaan over te steken. Enkele uren nadat deze foto was gemaakt, zou de ballon in zee moeten noodlanden.
(Foto: Aviodome/Schiphol)

naast de politiepost aan de Loosduinse Hoofdstraat 1184 A. De openingstijden zijn op maandag tot en met vrijdag van 08.45 tot 17.30 uur. Verdere inlichtingen ☎ 070-122611.

Rijk en hemels aardewerk

De directeur van het Archeologisch Museum van de Universiteit van Amsterdam gaat met pensioen. Prof. dr. J.M. Hemelrijk zwaaide er 20 jaar de scepter. Er komt een afscheidstentoonstelling van Atheens aardewerk waarvoor een aantal binnen- en buitenlandse musea bij uitzondering een topstuk uit hun collectie ter beschikking stellen. Hiermee wordt een unieke mogelijkheid geboden om vazen die internationaal als de 'Rembrandts' van de Griekse vaaschilderkunst worden beschouwd, in Nederland te bezichtigen. In combinatie met een aantal vazen uit de eigen collectie van het Allard Pierson Museum geven deze topstukken inzicht in de uitzonderlijke kwaliteit van de Griekse keramiek en een fascinerend overzicht van de ontwikkeling van vaasvormen en beschrijving in de 'gouden eeuw' tussen 565 en 365 v. Chr.

In aanvulling op en gelijktijdig met deze tentoonstelling waarbij de aandacht vooral op stijl en kwaliteit is gericht, brengt het Allard Pierson Museum de Nederlandse bewerking van de grote Frans-Zwitserse foto-expositie 'Cité des Images', waarin het gaat om de betekenis van voorstellingen uit het dagelijkse leven van de Grieken. Door onderlinge vergelijking van verwante afbeeldingen op de vazen wordt de 'beeld-taal' ontcijferd en de betekenis van de voorstelling onthuld.

De tentoonstelling is voor publiek geopend van 6 september tot en met 2 november. Het museum, ook bekend als het Allard Pier-

son Museum is geopend op dinsdag tot en met vrijdag van 10 tot 17 uur, zaterdag en zondag van 13.00 tot 17.00 uur. Adres: Oude Turfmarkt 127, tegenover het Rokin. Inlichtingen ☎ 020-5252556.

Na Tsjernobyl

De NVMP, de Nederlandse Vereniging voor Medische Polemologie, organiseert een bijeenkomst onder de titel 'Wat leert Tsjernobyl ons?'.

Deze bijeenkomst wordt gehouden op zaterdag 13 september 1986, aanvang 10 uur, in de Aula van de Vrije Universiteit te Amsterdam en is voor iedereen toegankelijk. Einde symposium rond 16.00 uur, toegang f 15,- (f 10,- voor studenten en uitkeringsgerechtigden).

Aan de orde komt o.a.:

- Straling: opvangmogelijkheden voor stralingsslachtoffers, beenmergtransplantaties, straling en kanker, leeftijd, aangeboren afwijkingen en zwangerschap.
- Welke maatregelen zijn er naar aanleiding van het ongeluk in Tsjernobyl in Nederland genomen en wat was de zin ervan?
- Dosislimieten: basiskennis bij de autoriteiten.
- De gevolgen van een ongeluk met een kerncentrale.
- Rampenplannen bij een ongeluk met een kerncentrale.

Na de voordrachten volgt een forumdiscussie.

Drs. G. Nootenboom, deskundige op het gebied van dosislimieten, dr. W.A. Smit, TH Twente, prof. dr. ir. M. de Bruin, R.U. Utrecht, zijn als spreker uitgenodigd.

Voor nadere informatie kunt U zich richten tot het bureau van de NVMP, Postbus 9108, 6500 HK Nijmegen tel. 080-515902 of tot mw. Bora van Ulden tel. 073-425124.

NATUUR en TECHNIEK verschijnt maandelijks, uitgegeven door de Centrale Uitgeverij en Adviesbureau B.V. te Maastricht.

Redactie en Administratie zijn te bereiken op:

Voor Nederland:
Postbus 415, 6200 AK Maastricht.
Telefoon: 043-254044*.

Voor België:
Tervurenlaan 32, 1040-Brussel.
Telefoon: 00-3143254044.

Bezoekadres:
Stokstraat 24, Maastricht.
Advertentie-exploitatie:
D. Weijer. Tel. 05987-23065.

De Centrale Uitgeverij is ook uitgever van de Cahiers van de Stichting Bio-Wetenschappen en Maatschappij.

Abonnees op Natuur en Techniek of studenten kunnen zich abonneren op deze cahiers (4 x per jaar) voor de gereduceerde prijs van f 25,- of 485 F.

Abonnementenprijs (12 nummers per jaar, incl. porto):

Voor Nederland, resp. België:
f 99,50 of 1970 F.

Prijs voor studenten: f 77,50 of 1535 F.

Overige landen: + f 35,- extra porto (zeepost) of + f 45,- tot f 120,- (luchtpost).

Losse nummers: f 8,45 of 160 F (excl. verzendkosten).

Abonnementen op NATUUR en TECHNIEK kunnen ingaan per 1 januari of per 1 juli, (eventueel met terugwerkende kracht) doch worden dan afgesloten tot het einde van het lopende abonnementsjaar.

Zonder schriftelijke opzegging vóór het einde van elk kalenderjaar, wordt een abonnement automatisch verlengd voor de volgende jaargang. TUSSENTIJDEN kunnen geen abonnementen worden geannuleerd.

Postrekeningen:

Voor Nederland: nr. 1062000 t.n.v. Natuur en Techniek te Maastricht.
Voor België: nr. 000-0157074-31 t.n.v. Natuur en Techniek te Brussel.

Bankrelaties:

Voor Nederland: AMRO-Bank N.V. te Heerlen, nr. 44.82.00.015.
Voor België: Kredietbank Brussel, nr. 437.6140651-07.

NATUUR

EN

TECHNIEK

GEÏLLUSTREERD POPULAIR-WETENSCHAPPELIJK MAANDBLAD

Moderne Alchemie

Het geloof der menschheid in de mogelijkheid van de transmutatie der materie, het omzetten van de eene stof in de andere, is al heel oud. De geschiedenis der alchemie is een zeer lange (en interessante!) geschiedenis. Op die oude alchemisten mogen we intusschen niet al te veel neerzien, zij zochten niet alleen naar de kunst om goud te maken uit zuiver winstbejag, vaak waren het zeer geleerde lieden, die door hun onderzoekingen de moderne scheikunde hebben voorbereid. Zij hebben lang gezocht naar de steen der wijzen, maar hem niet gevonden. Moelijk zullen zij hebben kunnen vermoeden dat eens de officieele wetenschap hun bedrijf weer zou openen en inderdaad de transmutatie der materie zou verwelkomen! Thans zijn de natuurkundigen in staat „ondeelbare” elementen te splitsen in andere, met geheel andere eigenschappen.

Langen tijd heeft men gemeend dat de protonen en de negatieve electronen de eenige bouwstenen der materie vormden. Sedert 1932 is deze opvatting echter radicaal gewijzigd door de ontdekking van twee nieuwe elementaire deeltjes: de neutronen en de positronen. Het neutron is een deeltje zonder elektrische lading, met ongeveer dezelfde massa als het proton; het werd ontdekt door den Engelschen natuurkundige James Chadwick, die het vorige jaar voor zijn belangrijke onderzoekingen den Nobelprijs ontving. Het positron werd ontdekt door Anderson in Amerika. Dit is een deeltje dat geheel gelijk is aan het negatieve electron, echter met een positieve lading. Zoo zijn dan thans vier verschillende deeltjes bekend. Zooals den lezer bekend is, zijn er sommige stoffen in de natuur, zooals radium, polonium, uranium e.a., die „stralen” uitzenden; men noemt die stoffen radioactief. Wat zijn nu precies deze stralen en wat vindt er in de atomen van die elementen plaats? Het onderzoek heeft uitgewezen dat er drie verschillen-

de soorten van radioactieve straling bestaan, die men onder scheidt met de namen alpha-stralen, bèta-stralen en gamma-stralen. De gamma-stralen zijn van electromagnetischen aard, d.w.z. van denzelfden aard als het licht en de röntgenstralen; zij zijn voor ons thans niet verder van beteekenis. De alpha- en bèta-stralen daarentegen bestaan uit kleine electrisch geladen deeltjes! En deze deeltjes blijken uit de atoomkernen te komen, hetgeen dus beteekent dat door het uitzenden van deze stralen de atomen veranderen van aard!

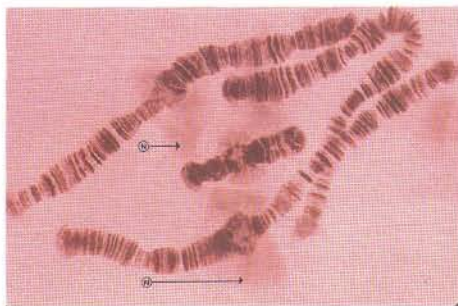
De alpha-stralen bestaan uit helium-kernen, dus uit deeltjes met een tweevoudige positieve lading. Als dus een radium-atoom zulk een deeltje heeft uitgestraald, heeft het twee positieve kernladingen verloren. Dat beteekent dat het heeft opgehouden een radium-atoom te zijn, het is overgegaan in een ander atoom van een element dat twee nummers terug in de rij der elementen staat en wel in een atoom radon! De bèta-stralen bestaan uit negatieve electronen. Slingert een kern zulk een bèta-deeltje uit, dan verandert dus eveneens de kernlading. Er wordt een negatieve lading uit weggenomen, wat op hetzelfde neerkomt als een vermeerdering met één positieve lading. Het atoom is dus bij deze uitstraling overgegaan in een atoom van een element dat een nummer verder in de rij staat.

De transmutatie der elementen vindt dus inderdaad plaats in de natuur, waar ze geheel spontaan geschiedt, zonder dat de mensch daarbij kan ingrijpen. Heel langzaam verdwijnen dus op den duur de radioactieve stoffen op aarde, want deze spontane uiteenvalling gaat zoo lang voort tot er een stabiel atoom overblijft. De radioactiviteit komt bijna alleen voor bij de zwaarste elementen. Deze zijn blijkbaar door hun ingewikkelde structuur niet hecht genoeg gebouwd en vallen na eenigen tijd uiteen.

VOLGENDE MAAND IN NATUUR EN TECHNIEK

Chromosoom-aantallen

Normaal gesproken heeft ieder mens 23 paar chromosomen in de kern van elke cel. Het kan echter voorkomen dat bepaalde chromosomen ontbreken of juist overtalig aanwezig zijn. Dit leidt dan tot ernstige afwijkingen. Dr. L. Verschaeve gaat in op de oorzaken en gevolgen.

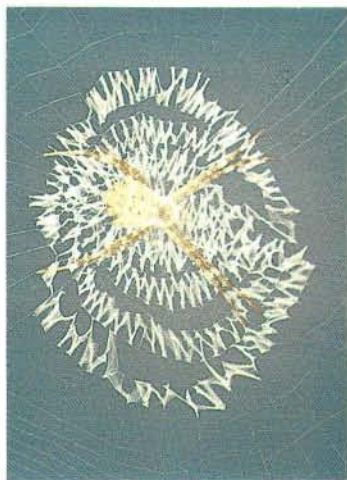
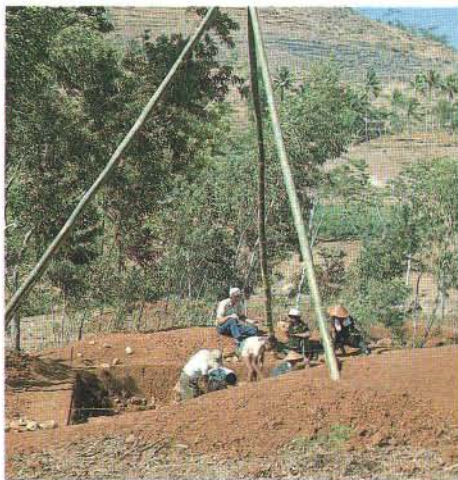
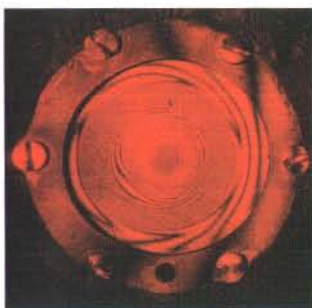


Spinnewebben

Spinnen zijn geen griezels, maar heel interessant. Zo blijkt dat de zijdesoorten waaruit zij hun webben weven tot de sterkste en taaiste materialen te behoren, die bekend zijn. Prof. dr. J.M. Gosline, dr. E.M. DeMont en prof. dr. M.W. Denny hebben het materiaal onderzocht.

Holografie

Holografie is een techniek waarmee driedimensionale afbeeldingen gemaakt kunnen



worden. Hologrammen worden onder andere toegepast bij de controle van materialen en in bankpasjes tegen vervalsing. Ook sommige kunstenaars werken met hologrammen. R.L. van Renesse beschrijft de theorie en de praktijk.

Pithecanthropus

Achter deze ingewikkelde term gaat de aanduiding schuil voor een van de vroegste mensen, waarvan de overblijfselen rond de eeuwwisseling op Java

gevonden zijn. Dr. G.J. Bartstra is momenteel nauw betrokken bij het onderzoek ervan en geeft een overzicht van de huidige stand van zaken.

Griep

Met het invallen van de herfst staat het seizoen van de verkoudheden en griepjes weer voor de deur. Het influenzavirus is veelal de boosdoener. Prof. dr. N.

Masurel beschrijft deze volksziekte en gaat met name in op de manier waarop het influenzavirus zich immunologisch ongreepbaar opstelt.

Chemometrie

Het toepassen van wiskundige theorieën voor de automatische gegevensverwerking in de analytische chemie is zo belangrijk geworden dat het vakgebied een



eigen naam heeft gekregen: de chemometrie. Prof. drs. G. Kateman geeft een overzicht van het vakgebied en de daarbij horende denkwijze.

VIRUS

De kleinste organismen die een mens ziek kunnen maken zijn virussen. Het onderzoek naar virusziekten kon pas goed op gang komen toen het mogelijk werd virussen op grote schaal te kweken. Moderne moleculair-biologische technieken gaven het onderzoek nieuwe impulsen en de structuur van veel virussen is nu goed bekend. Thans gaat de meeste belangstelling uit naar de processen die zich afspelen in een cel waarin een virus is binnengedrongen en de manier waarop sommige virussen erin slagen het afweersysteem van de gastheer te omzeilen. Kennis van de interactie tussen virus en gastheer is van groot belang, omdat bij de behandeling van een virusziekte wel het virus, maar niet de gastheercel aangepakt moet worden. Vaccins worden ontwikkeld om te voorkomen dat een virus zijn doel bereikt. Er is nog een groot gebrek aan geneesmiddelen en vaccins. Daarom is men ook aangewezen op methoden om de verspreiding van virussen tegen te gaan. In de landbouw gaat men daarbij rigoreus te werk. Zieke planten en dieren worden verwijderd. Wat subtieler is de kweek, resp. fok van minder vatbare rassen. Bijzondere aandacht is er in dit cahier voor het griepvirus, virussen in het centrale zenuwstelsel en kankervirussen.

Zojuist verschenen:



Voor abonnees op de Cahiers Biowetenschappen en Maatschappij is dit nummer 1 van de 11e jaargang.
Abonnementsprijs (4 cahiers per jaar) f 25,00 of 485 F. Losse nummers f 7,50 of 145 F (excl. verzendkosten).

Inhoud en auteurs

Voorwoord

Virus en infectie

J. van der Noordaa

Bestrijding van infecties

J. Versteeg

Interferon als antiviraal middel bij de mens

H. Schellekens

Gewasbescherming

J.P.H. van der Want

Virusziekten bij landbouwhuisdieren

J.G. van Bakkum

Influenza: Voorkomen en voorkomen

N. Masurel

Kostenaspecten van een influenzavaccinatie

M.J.W. Sprenger

Infecties van het centrale zenuwstelsel

J.B. Wilterdink

Kankervirussen

P. Bentvelzen

Verkrijgbaar bij: Natuur en Techniek – Informatiecentrum – Op de Thermen – Postbus 415 – 6200 AK Maastricht – Tel. 043-254044. Vanuit België: 00-31-43254044.